

# Granskning av konstruktioner som planerats med BIM-modeller

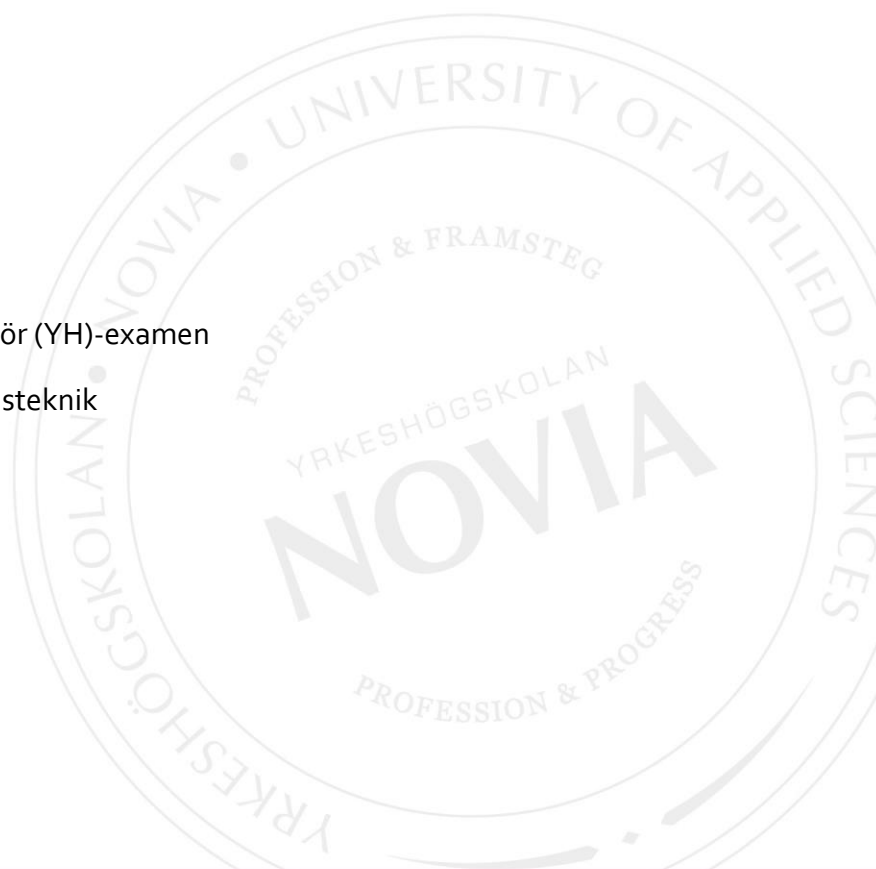
## Stålkonstruktioner

Niklas Jansson

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningen för Byggnadsteknik

Raseborg 2017



## EXAMENSARBETE

Författare: Niklas Jansson

Utbildning och ort: Byggnadsteknik, Raseborg

Inriktningsalternativ/Fördjupning: Projektering och byggnadskonstruktion

Handledare: Håkan Bjurström och Arto Piirainen

Titel: Granskning av konstruktioner som planerats med BIM-modeller:  
Stålkonstruktioner

---

Datum 17.4.2017

Sidantal 45

Bilagor 2

---

### Abstrakt

Under de senaste åren har BIM-arbetsättet verkligen blivit allt vanligare inom byggbranschen. I dagens läge tillämpar en mycket stor del av aktörerna i branschen BIM. Samtidigt visar studier att det finns stora skillnader mellan olika konstruktörers sätt att dimensionera identiska konstruktioner. Antalet feldimensionerade konstruktioner vore säkerligen minska avsevärt om man skulle lägga mer resurser på granskningsarbetet.

Det här examensarbetet beskriver hur granskningen av konstruktioner som har planerats i Tekla Structures bör utföras för att kvaliteten på planerna skall bli så hög som möjligt. Beskrivningen av granskningsprocessens gång och verktyg har gjorts för att stöda alla konstruktionstyper, men för att avgränsa ämnet har vi valt att i första hand koncentrera oss på stålkonstruktioner. Arbetet har gjorts i samarbete med Sweco Rakennetekniikka Oy.

Examensarbetet utfördes eftersom det inte tidigare fanns gemensamma anvisningar hur granskningsarbetet bör göras. Detta har lett till att alla har sina egna sätt att granska det gjorda arbetet. I dagens läge finns det dessutom väldigt många olika verktyg som man kan använda för att underlätta granskningsprocessen. Examensarbetet beskriver vilka dessa verktyg är och hur de fungerar. Ett verktyg som är utvecklat endast för att underlätta granskningen finns inte idag och även det diskuteras i detta arbete.

---

Språk: Svenska

Nyckelord: granskningsprocess, stålkonstruktion, Tekla Structures

---

## OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Niklas Jansson

Koulutus ja paikkakunta: Rakennustekniikka, Raasepori

Syventävät opinnot: Rakennesuunnittelu

Ohjaajat: Håkan Bjurström ja Arto Piirainen

Nimike: Tietomallipohjainen suunnitelmien tarkastus: teräsrakenteet

---

Päivämäärä 17.4.2017

Sivumäärä 45

Liitteet 2

---

### Tiivistelmä

Viime vuosien aikana BIM-työtapa on yleistynyt rakennusalaalla yhä enemmän, ja erittäin iso osa alan yhtiöistä käyttää nykyään BIM-teknologiaa. Samaan aikaan tutkimukset viittaavat siihen, että eri suunnittelijat usein mitoittavat identtisiä rakenteita täysin eri tavalla. Panostamalla tarkastustyöhön, väärin mitoitettujen rakenteiden määrä voisi pienentyä huomattavasti.

Tämä opinnäytetyö kuvailee sitä, miten Tekla Structuressa suunniteltuja rakenteita pitäisi tarkastaa saadakseen suunnitelmalle mahdollisimman hyvä laatu.

Tarkastusprosessin kulku ja sen työkalut suunnitellaan luonnollisesti tukemaan kaikkia rakennetyyppejä, mutta työssä keskitytään erityisesti teräsrakenteiden tarkastuksiin. Opinnäytetyö on tehty yhteistyössä Sweco Rakennetekniikka Oy:n kanssa.

Kirjoitan tästä aiheesta siksi, ettei aikaisemmin ole ollut yhteisiä ohjeita jotka kuvailisivat sitä, miten tarkastustyötä tehdään. Tämän takia kaikilla on ollut oma tapansa tarkastaa suunnitelmia, mikä voi vaikuttaa lopputulokseenkin. Nykyisin on myös olemassa monta eri työkalua, joita voidaan hyödyntää tarkastusprosessissa. Opinnäytetyössä selvitetään mitkä nämä työkalut ovat ja miten niitä voidaan käyttää. Keskustellaan myös yleisesti siitä, onko tarvetta uuteen työkaluun ja millaisia ominaisuuksia uusi työkalu voisi sisältää.

---

Kieli: Ruotsi

Avainsanat: tarkastusprosessi, teräsrakenne, Tekla Structures

---

# BACHELOR'S THESIS

Author: Niklas Jansson

Degree Programme: Construction Engineering

Specialization: Structural Engineering

Supervisors: Håkan Bjurström and Arto Piirainen

Title: Inspection of Structures Planned with BIM-models: Steel Structures

---

Date 15.5.2017

Number of pages 45

Appendices 2

---

## Summary

During the last years BIM-technology has experienced a big growth in the construction industry. Nowadays the vast majority of the companies in the industry apply this method. At the same time, studies show that identical structures may have completely different dimensions depending on who made the design. Two designers may see the structure from two different angles. The amount of structures that are dimensioned incorrectly could be much lower if you use enough resources for inspection.

This thesis describes how structures that are planned with BIM should be inspected to make sure that the quality is as high as possible. The description of the quality assurance workflow and tools is made to support all kinds of structures, but the thesis is foremost limited to steel structures. The work has been conducted in co-operation with Sweco Rakennetekniikka Oy.

The main reason why this thesis has been made is the lack of guidelines in the quality assurance process. All designers have their own way of checking, which also in the end will affect the quality of the work. Nowadays there are many different tools that can help the designer make sure that the work has been done correctly. The thesis investigates which these tools are and how they can be used. The thesis also includes examples of how a completely new tool could look and work in the process of quality assurance.

---

Language: Swedish

Key words: quality assurance, steel structure, Tekla Structures

---

# Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Syfte .....	1
1.2	Bakgrund .....	1
1.3	Metodval .....	1
2	Konstruktionsplanering inom BIM i Finland.....	1
2.1	Betydelse .....	1
2.2	Omfattning.....	3
3	Tekla Structures.....	3
3.1	Allmänt om modellen.....	4
3.2	Ritningar och rapporter.....	5
4	Granskningens betydelse .....	6
4.1	Konceptuell helhetssyn vid konstruktionsplanering .....	8
4.1.1	Hartford Civic Center .....	8
4.2	Round Robin undersökning utförd av Martin Fröderberg.....	9
4.3	Oberoende granskning.....	10
5	Lagstiftning.....	11
5.1	Eurocode.....	11
5.2	Nationell lagstiftning.....	13
6	Yleiset Tietomallivaatimukset 2012 .....	14
6.1	Kvalitetssäkring .....	14
6.2	Planerarens granskningsuppgifter .....	15
6.3	Planeringsgruppens granskningsuppgifter .....	15
6.4	Beställarens granskningsuppgifter .....	16
6.5	Ansvar .....	16
7	Granskning av planer.....	17
7.1	Granskning av dimensionering.....	17
7.2	Granskning av BIM-modell .....	18
7.3	Granskning av ritning .....	20
8	Verktyg för granskning .....	21
8.1	Verktyg i Tekla Structures .....	21
8.1.1	Comment tool.....	21
8.1.2	Status tool.....	23
8.1.3	Organizer .....	25
8.1.4	Clash Check Manager .....	26
8.1.5	Model Checker Suite .....	27
8.2	Externa verktyg.....	28

8.2.1	Confluence .....	28
8.2.2	Jira .....	29
8.3	Nya möjliga alternativ .....	31
9	Avslutning .....	31
	Källförteckning .....	33

# 1 Inledning

## 1.1 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att sammanställa information om hur man skall gå till väga då man granskar stålkonstruktioner som planerats med programvaran Tekla Structures. Målet för det här examensarbetet är att man utgående från detta arbete skall kunna skapa ett gemensamt tillvägagångssätt för hur man granskar de gjorda planerna. Beställare för arbetet är Sweco Rakennetekniikka Oy.

## 1.2 Bakgrund

Sweco är en relativt ny koncern i Finland, vilket är en stor orsak till mitt examensarbete. Sweco köpte år 2012 FMC Group, som då bestod av ett tiotal företag som fungerade i byggbranschen. Då började ett mer intensivt samarbete mellan företagen, vilket kulminerade i januari 2015 då Sweco-koncernen flyttade in under samma tak. Planerarna i de ursprungliga firmorna har till viss mån sina egna sätt att arbeta, vilket i slutändan kan försvåra arbetet. Planeringen av stålkonstruktioner på Sweco görs till största delen med hjälp av programvaran Tekla Structures. I Tekla finns det flera olika tillägg som kan användas då man granskar olika konstruktioner, vilket också medför ett behov att ta en titt på verktygen för att få veta vilket som är lämpligt i olika situationer.

## 1.3 Metodval

Den största delen av informationen jag behandlar i mitt arbete kommer jag att samla in genom egna erfarenheter och möten på Sweco. Jag kommer också använda mig av litteraturkällor såsom tidningsartiklar, användningshandböcker, avhandlingar och lagstiftning.

# 2 Konstruktionsplanering inom BIM i Finland

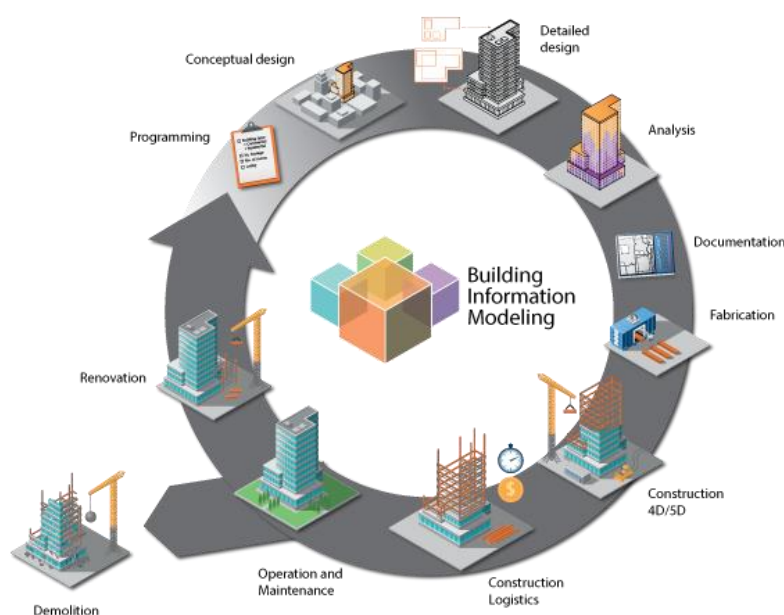
## 2.1 Betydelse

BIM är ett relativt nytt sätt att planera byggnader och det definieras på följande sätt av The National Building Information Model Standard Project Committee; *Building Information Modelling (BIM) is a digital representation of physical and functional characteristics of a*

*facility. A building information model is a shared knowledge resource for information about a facility forming a reliable basis for decisions during its life-cycle; defined as existing from earliest conception to demolition. (buildingSMART)*

Inom planering där man tillämpar BIM skapar man en 3-dimensionell modell av byggnaden som man kommer bygga. Tyngdpunkten ligger på informationen man får ut av modellen, alla objekts egenskaper definieras nämligen i modellen och på så sätt fungerar modellen som en databas för projektet. När planeringen är gjord kan man sen utgående från modellen göra olika dokument som behövs för själva byggandet – som till exempel ritningar och rapporter. Fördelarna med BIM är många men det mest centrala är att alla parter i projektet har samma data framför sig och information når alla. (BIM Alliance Sweden)

Målet med BIM är att stöda kvaliteten, effekten, säkerheten, livscykeln samt hållbar utveckling inom både planering och byggande av byggnader. Bilden nedan beskriver hur modellen används under hela byggnadens livslängd – från byggnadens planering till ibruktagandet och sedan även vid underhåll av byggnaden. (YTV 2012, Osa 5 Rakennesuunnittelu)

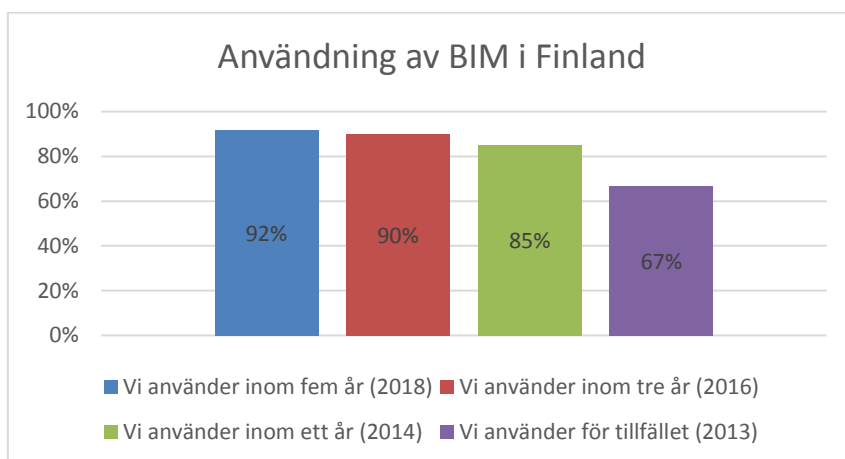


**Figur 1: BIM-modellens livscykel och dess möjligheter. (Lloyd's Register)**



## 2.2 Omfattning

I april 2013 lät Rakennustietosäätiö RTS tillsammans med buildingSMART göra en undersökning om användningen av BIM i Finland. Över 400 personer med varierande uppgifter, ålder och arbetsplats, svarade på undersökningen. Ur undersökningen framkom att 65 % av de som svarade då använde sig av BIM. 92 % sade att de kommer börja använda sig av BIM-planering inom fem år (före 2018).



**Figur 2: Användningen av BIM åren 2013-2018 (Rakennustietosäätiö RTS, buildingSMART, RIBA)**

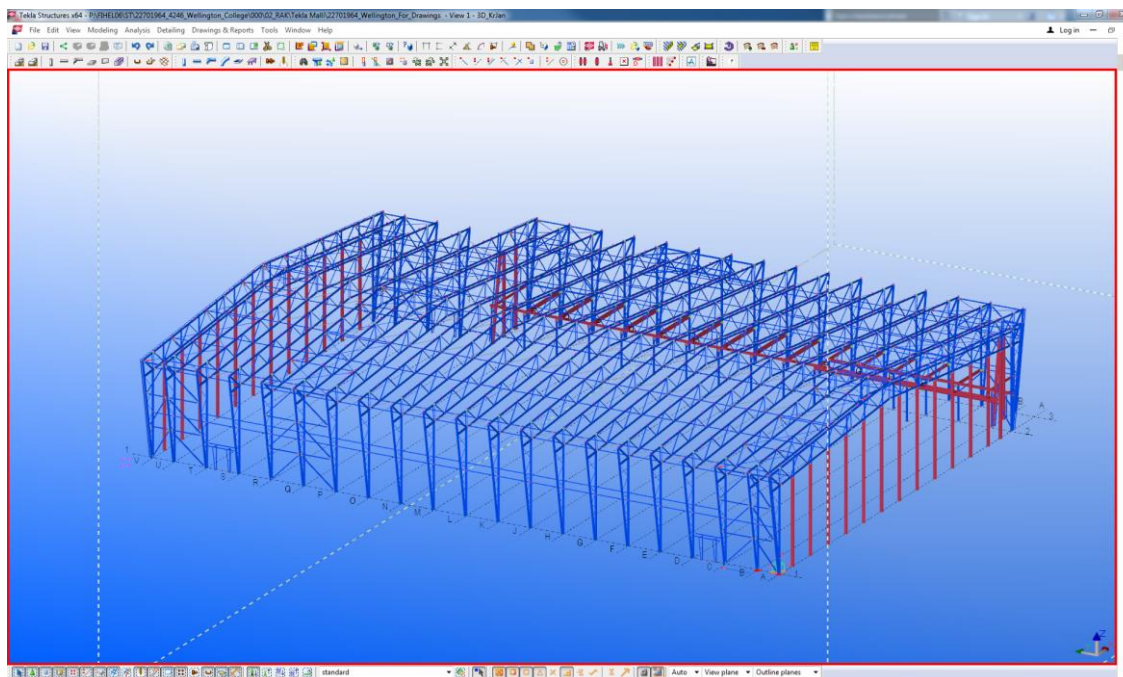
## 3 Tekla Structures

På 1960-talet etablerades datorer och automatisk informationsbehandling i Finland. Företag som utförde avancerade tekniska beräkningar orsakade ett större behov av den typens programvara. Några ingenjörskontor grundade därför år 1966 programvaruföretaget Teknillinen laskenta Oy. På våren samma år lades företaget ut på börsen och förkortades då Tekla. 1993 lanserades stålkonstruktionsprogramvaran Xsteel. Senare under 90-talet började Tekla utveckla verksamheten allt mer och man grundade dotterbolag i flera olika länder. 2004 släpptes den första versionen av Tekla Structures och sedan dess har programmet utvecklats väldigt mycket. Då Tekla fortsatte att expandera blev andra organisationer intresserade av programvaran, och sedan 2011 är Tekla en del av Trimble Group. (Trimble Solutions Corporation 2016)

Tekla Structures är idag en BIM-programvara med vilken du skapar en databas full av information om projektet. Centrum för databasen är den 3-dimensionerade modellen av byggnaden där du bygger upp varje konstruktion och enskild del till en helhet. Tekla är väldigt mångsidigt med tanke på att man kan använda en stor del av materialen, profilerna och anslutningarna som används idag. (Trimble Solutions Corporation 2016)

### 3.1 Allmänt om modellen

I början av projektet fastställs all nödvändig information under projektets egenskaper, som till exempel projektnummer, vilka standarder som används o.s.v. Modellen byggs sedan upp kring ett koordinatsystem med tre axlar (x, y och z). För att lätt kunna lokalisera olika punkter i systemet byggs ett eller flera rutnät (grid), vilka fungerar som modullinjer för byggnaden. Sedan kan man börja modellera olika konstruktioner och anslutningar. (Trimble Solutions Corporation 2016)



**Figur 3: Exempel på hur en BIM-modell kan se ut då byggnaden har modellerats i Tekla Structures. (N. Jansson)**

För att man skall kunna dra nytta av modellen bör alla delar som modelleras förses med egna egenskaper. Alla delar tillhör en viss klass och fas och består därtill av prefix, namn och nummer. Varje projekt har ett specifikt dokument där samtliga delars egenskaper definieras. För att undvika konflikter i modeller där flera personer arbetar är det mycket viktigt att alla följer dessa anvisningar. När en helhet har modellerats numreras nämligen alla delar så att de består av ett prefix och ett unikt nummer. Finns det delar med samma egenskaper som också geometriskt är likadana så får de samma nummer. (John Larsson, Sweco Confluence)

Delarna får sina egenskaper enligt var i konstruktionen eller byggnaden de befinner sig, det vill säga att man vet var en specifik del finns genom att se på prefix, klass och fas. Till exempel kan vi se på sammanställningen V-3-105, som tillhör klass 4. Genom att kontrollera

numreringsanvisningarna nedan kan vi konstatera att det är frågan om en väggsträva (V-3-105) i som finns på tredje (V-3-105) våningen med numret 105 (V-3-**105**). Sammanställningen (hela strävan) kan tänkas bestå av ett stålrör med plåtar fastsvetsade i vardera ända. Stålröret får då prefixet VP-2 (P=part) och plåtarna får prefixet VL-2 (L=levy), därtill läggs ett fyrsiffrigt nummer då man numrerar konstruktionerna i Tekla.

Nimi	Name	Class	Assembly	#	Part	#	Plate	#	Rakenneosa	Structure
PYSTYRAKENTEET	VERTICAL STRUCTURES	1-20	Prefix	No	Prefix	No	Prefix	No		
VALSSATTU_PILARI	ROLL_COLUMN	1	C-Q-X	Y	P-Q-X	Z	CL-Q-X	Z	Valssattu pilari	Hot rolled column
WI_PILARI	WI_COLUMN	2	WC-Q-X	Y	WP-Q-X	Z	CL-Q-X	Z	Hitsattu I-pilari	Welded I/H column
WB_PILARI	WB_COLUMN	3	WC-Q-X	Y	WP-Q-X	Z	CL-Q-X	Z	Hitsattu kotelopilar	Welded box column
SEINÄ_SIDE	VER_BRACE	4	V-Q-X	Y	VP-Q-X	Z	VL-Q-X	Z	Seinäside	Vertical brace

Tabell 1: Ett exempel på hur ett dokument med numreringsanvisningar kan se ut. (Sweco Confluence)

### 3.2 Ritningar och rapporter

När man har modellerat en helhet kan man ta ut informationen man skapat genom att direkt i Tekla göra ritningar och rapporter för byggnaden. Det är just det som du har skapat i modellen som syns på ritningen, vilket betyder att ritningen automatiskt uppdateras då du gör ändringar i modellen. Vid dessa tillfällen lönar det sig ändå att kontrollera hur ritningen ser ut efter en uppdatering, eftersom det alltid finns en risk att ritningen inte ser exakt ut som du vill. Det är också möjligt att integrera Tekla med automatiserade och avancerade maskiner för produktion inom stålbranschen. (Trimble Solutions Corporation 2016)

För stålkonstruktioner kan man producera fyra olika typer av ritningar. *Single-part drawing* (delritning) är en ritning där man visar hur en enskild plåt eller profil ser ut. På en *assembly drawing* (sammanställningsritning) finns en sammansättning av en huvudsaklig del och eventuella sekundära delar som till exempel sammanfogas med bultar eller svetsning. Sammanställnings- och delritningar är verkstadsritningar som följs då konstruktionerna tillverkas i verkstaden. Tekla ger också en möjlighet att skapa *multidrawings* där man kan visa flera delar eller sammansättningar på ett större ark. När materialet har tillverkats behöver man göra monteringsritningar så konstruktionerna kan sättas ihop på byggsplatsen. För den typen av ritningar finns *general arrangement (GA) drawings* i Tekla. På ritningen kan du visa flera olika vyer av modellen, till exempel planritningar, skärningar eller 3D-vyer. För att underlätta monteringen innehåller ritningarna ofta förstörade vyer av komplicerade sektioner. (Trimble Solutions Corporation 2016)

Det är väldigt vanligt att man gör rapporter av byggnaden som planeras. Till exempel gör man listor som beskriver egenskaperna för bland annat sammanställningar, delar, bultar och

material. Rapporterna skapas direkt i Tekla och det är möjligt att begränsa vilka konstruktioner som kommer med i rapporten genom att endast välja de konstruktioner man vill att skall finnas med i rapporten. (Trimble Solutions Corporation 2016)

Ur rapporterna kan man sedan ta vikter, areor, längder, antal o.s.v. för olika områden i byggnaden. Rapporterna understöder med andra ord så väl tillverkning, kontrollering som vidare planering. Nedan finns ett exempel på en materiallista som man kan producera i Tekla. Ur den här listan kan man kontrollera ett visst områdes material i form av mängder, längder, vikter och ytor. Men det finns också möjlighet att göra listor för sammanställningar och delar, där man ser vad specifika sammanställningar och delar består av.

Profil	Materiaali	Lkm	Pituus [mm]	Paino [kg]	Ala [m <sup>2</sup> ]	Pituus yht.	Paino yht.	Ala yht.	[kg/m]	Huom!
LP-C20020	S355J2H	2	5780	34,2	4,34	11560	68,4	8,69		
<b>Summa, LP-C20020</b>	<b>S355J2H</b>	<b>2</b>				<b>11560</b>	<b>68,4</b>	<b>8,69</b>	<b>5,9</b>	
LP-Z20020	S355J2H	1	5840	34,7	4,44	5840	34,7	4,44		
<b>Summa, LP-Z20020</b>	<b>S355J2H</b>	<b>1</b>				<b>5840</b>	<b>34,7</b>	<b>4,44</b>	<b>5,9</b>	
PL5X60	S355J2	2	60	0,3	0,02	120	0,6	0,04		
<b>Summa, PL5X60</b>	<b>S355J2</b>	<b>2</b>				<b>120</b>	<b>0,6</b>	<b>0,04</b>		
Varustelu:						0,0 %	0,0			
<b>Yhteensä:</b>							<b>103,7</b>	<b>13,17</b>		
<b>Kaikki yhteensä:</b>							<b>103,7</b>	<b>13,2</b>		

Tabell 2: En materiallista som till exempel kan underlätta arbetet i verkstäderna. (N.Jansson)

## 4 Granskningens betydelse

Många aktörer i byggbranschen anser att granskningen av det som planerats är bristfällig. Echemuller & Lambeck (2009) tror att det här ofta beror på tidsbrist hos konsulterna. Det här leder till att de bristfälliga bygghandlingarna skickas vidare till arbetsplatserna utan att granskas, vilket kan leda till att byggnaden uppförs på fel sätt. Vilket i värsta fall till och med kan leda till fatala olyckor. Man har redan tidigare kommit fram till att ju senare man finner ett problem i handlingarna, desto större konsekvenser har det på byggprocessen. Har man då ett projekt som redan har påbörjats på byggplatsen och planeringen sker samtidigt så är det mycket sannolikt att granskningen glöms bort på grund av hård tidspress och för få resurser. (Hultqvist & Jansson, 2013)

Till exempel kan vi se på olyckan i Kista i juli 2008. Just på denna dag höll man på att montera betongelement till en hög I-balk av stål. Plåten i balken var för tunn vilket gjorde att hela konstruktionen med betongelement rasade. En person omkom i raset och ytterligare

två skadades svårt. I byggprojektet var flera olika parter inblandade. Konstruktionerna planerades av ett konsultföretag i Sverige som sedan skickade tillverkningsritningarna till ett företag i Finland som producerade stålkonstruktionerna. Det visade sig att ritningen på den förödande I-balken skickades med preliminära dimensioner till Finland för tillverkning. Det var meningen att I-balkens dimensioner skulle kontrolleras senare, något som aldrig gjordes. ”Den felaktiga balken tillverkades och installerades, eftersom man inte i något steg av processen före raset hade upptäckt felet.” (DN Debatt, 2012)



**Figur 4: Betongblocken rasade över en personbil och en skylift i Kista 2008. (Aftonbladet, S. Sjöswärd)**

Konsekvenserna för någonting som har blivit felaktigt byggt är ofta långsiktiga och negativa för alla inblandade parter. Om det är frågan om stora fel som inte märks i tid kan det bli kostsamt för både entreprenören och beställaren. Det kan leda till att ryktet sprider sig, och det kan vara svårt att få betydande uppdrag i framtiden. På arbetsplatserna kan det uppstå konflikter och dålig stämning, vilket i slutändan också påverkar arbetet. (Buensoz & Ziegenhagen, 2013)

För personer som är rätt nya i sitt arbete kan granskningen samtidigt vara ett mycket bra sätt att få mera kunskap. Planeraren bör då diskutera igenom planerna med någon som har mer erfarenhet och kan ge feedback på vad som fungerar bra med planeringen och vad som kanske borde ändras. På så sätt fungerar granskningen också som en grund för inläring. Därför är det också bra att göra granskningen redan från början så personen vet vad som gäller i sådana situationer. Därför är det viktigt att personerna som granskar planerna är lämpliga för uppgiften, eftersom planeraren troligtvis kommer att använda sig av den inlärd informationen också i framtiden. Planeraren kommer högst antagligen också att ha liknande



frågor längre fram och då är det viktigt att planeraren vet att man kan fråga någon vid behov. (Buensoz & Ziegenhagen, 2013)

## **4.1 Konceptuell helhetssyn vid konstruktionsplanering**

Stålbyggnadsinstitutet (SBI) i Sverige arrangerar årligen en Stålbyggnadsdag, där olika experter föreläser om stålkonstruktioner. På Stålbyggnadsdagen i november 2015 höll Sven Thelandersson och Martin Fröderberg en presentation om konceptuell helhetssyn vid projektering av bärande system. I sin presentation påpekar de att man nuförtiden lägger allt för mycket tid på att kontrollera små detaljer istället för att se på helheten som planeras.

All programvara som finns på marknaden idag har många fördelar, men det finns också en risk att man stirrar blint på resultaten av analyserna som görs. Det här kan i vissa fall leda till en oönskad falsk känsla av noggrannhet. Thelandersson och Fröderberg menar att om utvecklingen fortsätter i samma riktning så kan konstruktörsarbetet så småningom utföras enbart med hjälp av datorer. I presentationen lyfts ett exempel upp där man har planerat och testat konstruktionen med hjälp av datorprogram, vilket senare visade sig vara ett missöde. (Thelandersson och Fröderberg, 2015)

### **4.1.1 Hartford Civic Center**

På tisdagskvällen den 17 januari 1978, följer 4 746 åskådare med en baseballmatch som spelas i Hartford Civic Center i Hartford, Connecticut. Bara sex timmar senare kollapsar arenans tak. Tur i oturen fanns ingen person i byggnaden just då men hade olyckan skett några timmar tidigare hade det varit en väldigt tragisk historia. (Connecticut Humanities, ConnecticutHistory.org)

Arenan började byggas 1972 och hade en väldigt speciell design. Takstolarna var formade som pyramider som stöddes upp av endast fyra pelare för att åskådarna skulle kunna följa med matchen utan några synhinder. Takstolarna konstruerades på marken och lyftes sedan upp med kran. Det var en relativt innovativ och billig teknik som sparade staden en halv miljon dollar. För att man överhuvudtaget skulle kunna utföra projektet använde man sig av ett komplicerat datorprogram där konstruktionen planerades och testades. (Connecticut Humanities, ConnecticutHistory.org)

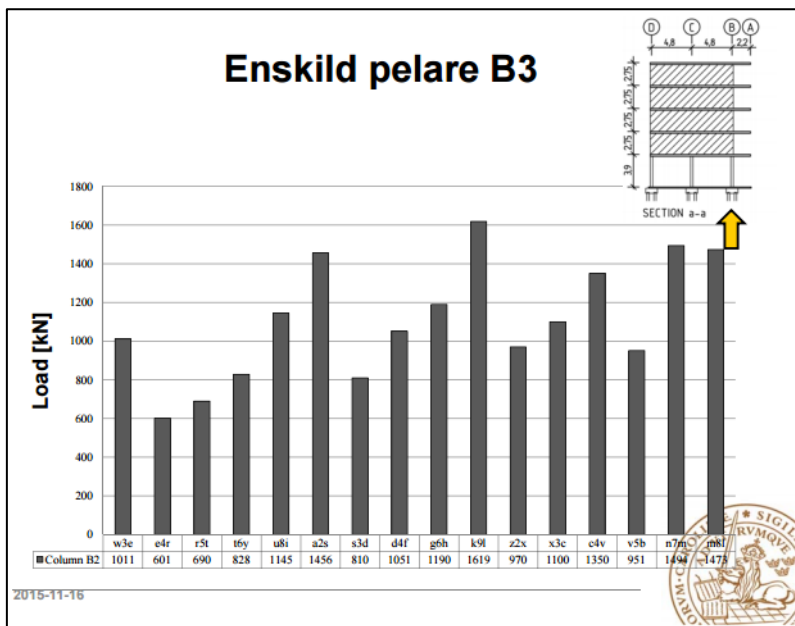


**Figur 5: Hartford Civic Center efter att taket kollapsat 1978. (Connecticut Historical Society)**

I undersökningen som gjordes efter olyckan kom det fram att taket inte rasade varken på grund av endast fel i installationen eller på grund av den stora snövikten, utan att konstruktionen direkt efter installationen hade progressivt börja förfalla. Olyckan skedde helt enkelt eftersom man hade underskattat takets vikt i kombination med skillnader mellan planeringen och den faktiska byggda konstruktionen. (Connecticut Humanities, ConnecticutHistory.org)

## **4.2 Round Robin undersökning utförd av Martin Fröderberg**

Martin Fröderberg gjorde 2014 en undersökning om hur en ingenjörns arbete kan skilja sig ifrån samma arbete utfört av en annan ingenjör. 17 olika ingenjörer med över fem års erfarenhet genomförde individuellt samma uppgift som gjordes under åtta timmar betalt arbete. Uppgiften innehöll beräkning av laster och dimensionering för olika konstruktioner utgående från ett arkitektunderlag. Resultatet visar att det finns enorma skillnader i dimensioneringen. För samma pelare i byggnaden varierade resultatet för beräkningen med till och med 1 000 kN.



**Figur 6: Resultat för vilken kraft en enskild pelare utsätts för. En jämförelse mellan olika ingenjörer. (M. Fröderberg)**

Fröderberg konstaterar att spridningen orsakas av att olika konstruktörer ser byggnaden på olika sätt, och då man omvandlar den tänkta verkligheten till en beräkningsmodell uppstår det stora skillnader i hur krafterna fördelar sig. Fenomenet kallas för "Engineering Modelling Uncertainty" och det påverkas alltså av olika faktorer som leder till osäkerhet. William M. Bulleit beskrev osäkerheten i sin avhandling 2008. Han menar att ett exempel på "Engineering Modelling Uncertainty" kan vara hur väl konstruktören bygger upp strukturen i modellen. Det betyder att beslut som till exempel påverkas av konstruktörens kunskap, tidsanvändning eller hur komplicerad byggnadens struktur är, i högsta grad påverkar nivån av osäkerhet. (Fröderberg, 2014)

### 4.3 Oberoende granskning

Thelandersson och Fröderberg menar att det lättaste sättet att undvika att göra fel i planeringen görs genom oberoende granskning. Det innebär att man dokumenterar planerna på ett sådant sätt att vem som helst kan kontrollera till exempel beräkningar som har gjorts vid dimensioneringen. Ett enkelt sätt är att bygga upp en räknemodell som beskriver byggnadens struktur och hur krafterna fördelar sig. Modellen kan sedan granskas i vilket skede som helst av vem som helst. Det här underlättar också om det görs omfattande ändringsarbeten i byggnaden vid ett senare tillfälle, eftersom det då finns tydligt nerskrivet hur det var tänkt att byggnaden skulle se ut.



Dokumentationen behöver nödvändigtvis inte heller vara en modell, utan kan också vara i pappersform där det detaljerat beskrivs hur byggnaden är uppbyggd. En person som arbetar som konstruktör bör se till att en sådan dokumentation görs eftersom man troligtvis hittar fel bara genom att utföra dokumenteringen. Med tanke på byggnadens framtid bör det också ligga i byggherrens intresse att dokumentationen finns. (Thelandersson och Fröderberg 2015)

## 5 Lagstiftning

### 5.1 Eurocode

I *Eurokoodi – Rakenteiden suunnitteluperusteet* delas byggnaderna in i olika klasser på basen av vilka konsekvenser en eventuell olycka skulle föra med sig. Man frågar sig hur stora ekonomiska, sociala och miljörelaterade följder en olycka i byggnaden har. Dessutom beaktas folkmängden i byggnaden för att man skall undvika så många personskador som möjligt.

Seuraamusluokka	Kuvaus	Rakennuksia sekä maa- ja vesirakennuskohteita koskevia esimerkkejä
CC3	<b>Suuret</b> seuraamukset hengenmenetysten <i>tai</i> <b>hyvin suurten</b> taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Pääkatsomot; julkiset rakennukset, joissa vaurion seuraamukset ovat suuret (esim. konserttitalo)
CC2	<b>Keskisuuret</b> seuraamukset hengenmenetysten tai <b>merkittävien</b> taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Asuin- ja liikerakennukset; julkiset rakennukset, joissa vaurion seuraamukset ovat keskisuuret (esim. toimistorakennus)
CC1	<b>Vähäiset</b> seuraamukset hengenmenetysten <i>tai</i> <b>pienten tai merkityksettömien</b> taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Maa- ja metsätalousrakennukset, joissa ei yleensä oleskele ihmisiä (esim. varastorakennukset), kasvihuoneet

**Tabell 3: Fastställning av konsekvensklass. (Eurokoodi – Rakenteiden suunnitteluperusteet)**

Enligt tabellen ovan finns det alltså tre klasser där CC1 har de minsta konsekvenserna och CC3 har de största konsekvenserna. Till CC1 hör till exempel byggnader inom jord- och skogsbruksbranschen, så som förrådsbyggnader eller växthus där människor sällan vistas, därför är också konsekvenserna små. Bostads- och affärsbyggnader och andra allmänna byggnader hör till CC2, som är klassen för medelstora konsekvenser. Stora konsekvenser har byggnader i vilka det vistas mycket folk – därför hör till exempel läktare och konserthus till kategori CC3, i vilka en olycka kan vara mycket katastrofal.

Olika typer av byggnader har också olika höga krav för granskning av planerna. De tre granskningsklasserna (DSL), i tabellen nedan, kan direkt jämföras med konsekvensklasserna (CC).

Suunnittelun valvontatasot	Ominaisuudet	Laskelmien, piirustusten ja eritelmien tarkastamisen suositetut vähimmäisvaatimukset
DSL3 liittyy tasoon RC3	Laaja valvonta	Kolmannen osapuolen suorittama tarkastus: Tarkastuksen suorittaa muu kuin suunnitelman laatinut organisaatio
DSL2 liittyy tasoon RC2	Normaali valvonta	Tarkastuksen suorittavat muut henkilöt kuin alunperin suunnittelusta vastuussa olleet ja se suoritetaan organisaation oman menettelytavan mukaisesti.
DSL1 liittyy tasoon RC1	Normaali valvonta	Itse suoritettava tarkastus: Tarkastuksen suorittaa suunnittelija itse.

**Tabell 4: Planeringens övervakningsklasser. (Eurokoodi – Rakenteiden suunnitteluperusteet)**

De två lägre klasserna DSL1 och DSL2 kräver normal övervakning. Är det fråga om byggnader i den första kategorin, så granskar planeraren sitt arbete själv, medan DSL2 kräver att personer som inte ansvarat för planeringen kontrollerar arbetet enligt organisationens egna tillvägagångssätt.

Vid granskning av konstruktioner som kategoriseras som DSL3 skall granskningen vara omfattande och man måste därför ta in en tredje part som granskare. Det är alltså fråga om granskning av en person som inte fungerar i samma organisation som planeraren för konstruktionen.

Samma system finns även för granskning vid förverkligande av byggnaden, där IL-klasserna har samma krav som DSL-klasserna enligt tabellen nedan.

Tarkastamistasot	Ominaisuudet	Vaatimukset
IL3 liittyy luokkaan RC3	Laaja tarkastaminen	Tarkastukset suorittaa kolmas osapuoli
IL2 liittyy luokkaan RC2	Normaali tarkastaminen	Organisaation menettelytapojen mukainen tarkastaminen
IL1 liittyy luokkaan RC1	Normaali tarkastaminen	Itse suoritettavat tarkastukset

**Tabell 5: Kontrolleringsklasserna vid förverkligande (Eurokoodi – Rakenteiden suunnitteluperusteet)**

## 5.2 Nationell lagstiftning

Enligt Miljöministeriets förordning om bärande konstruktioner (477/2014) finns följande nämnt om bärande konstruktioner.

*”Den som påbörjar ett byggprojekt ska se till att konstruktionerna projekteras och utförs så att de bevarar en tillräcklig hållfasthet och stabilitet under hela den planerade livslängden.”*  
(2 § Konstruktioners hållfasthet och stabilitet)

*”De väsentliga tekniska kraven för en byggnad uppfylls då de bärande och avstyvande konstruktionerna projekteras och utförs i enlighet med eurokoderna samt tillhörande nationella val som utfärdats i form av miljöministeriets förordningar.”* (3 § Projektering och utförande av bärande och avstyvande konstruktioner)

Miljöministeriets förordning slår alltså fast att byggnaden som uppförs naturligtvis bör planeras så att den också får tillfällig hållfasthet. De kraven som ställs på konstruktionerna bör uppnås genom planering enligt eurokoderna. Genom att hänvisa till eurokoderna uppmanar man konstruktören att dimensionera konstruktionen så att den med säkerhet håller. Tack vare säkerhetsfaktorer vid dimensioneringen kan konsekvenserna för små fel som eventuellt uppstår också förbli små. (Miljöministeriets förordning om bärande konstruktioner, 477/2014)

*”En konstruktionsprojektör ska utarbeta handlingar med behövliga tekniska uppgifter och krav för utförande av konstruktionerna innan en enskild byggnadsdel utförs. Till utförandehandlingarna hör kalkyler, ritningar, en arbetsbeskrivning, en undersökning om konstruktionernas skick samt eventuella andra behövliga redogörelser.”* (6 § Handlingar över utförande av konstruktioner)

I förordningen beskrivs också vad handlingarna skall innehålla – bland annat måste man ha någon form av *”strukturmodeller som beskriver konstruktionssystemets strukturella funktion och avstyvningen”* (5 § Konstruktionsplaner). Utgående från dem kan man se hur de centrala krafterna fördelar sig och hur byggnaden stöds upp. Det skall finnas dokument som beskriver belastningar och kraftstorheter förutom i normala situationer, också vid brand och olycksfall. Planerna måste dessutom innehålla följdernas allvarlighet, utförande- och exponeringsklass för konstruktionerna. På ritningarna bör förutom konstruktionernas fastsättningar och fogarnas dimensioner också *”vikten av element som ska lyftas och tyngdpunktens position”* (5 § Konstruktionsplaner) markeras. Om det ställs övriga specifika krav på materialet som

används bör det också dokumenteras. (Miljöministeriets förordning om bärande konstruktioner, 477/2014)

*”Konstruktionsprojektören ska se till kvalitetssäkringen av konstruktionsplanerna så att konstruktionsplanerna kontrolleras innan de lämnas in till byggnadstillsynsmyndigheten. Kvalitetssäkringen av planerna gäller de kalkyler, ritningar och texthandlingar som utarbetats av konstruktionsprojektören samt andra projekteringsuppgifter som projektören producerat.” (7 § Kontrollplan för konstruktionsplaner)*

*”Omfattningen av kontrollplanen för konstruktionsplanerna bestäms utifrån följderna av byggnaden eller av en enskild byggnadsdel och projekteringsuppgiftens svårighetsgrad. För säkerställande av projekteringarnas kvalitet ska det utarbetas en kontrollplan för konstruktionsplanerna, där kontrollförfarandet för projekteringarna, ansvarspersonerna för kontrollen och ansvarspersonernas förhållande till projektorganisationen för projekteringsprojektet beskrivs, när eventuella följder av en byggnad eller en enskild byggnadsdel är allvarliga eller mellanstora.” (7 § Kontrollplan för konstruktionsplaner)*

Det är alltså lagstadgat att allt det som planeras bör granskas före de skickas vidare. Dessutom måste granskningen dokumenteras genom en kontrollplan, vars omfattning beror på byggnadens svårighetsgrad. (Miljöministeriets förordning om bärande konstruktioner, 477/2014)

## **6 Yleiset Tietomallivaatimukset 2012**

I Yleiset Tietomallivaatimukset 2012 (YTV 2012) definieras spelreglerna för all sorts modellering. Samlingen är resultatet av utvecklingsprojektet COBIM som finansierades av Senaatti-kiinteistö- och en mängd andra aktörer i branschen. YTV 2012 baserar sig på olika organisationers redan existerande anvisningar och erfarenheten av deras användning. Behovet av kraven kommer från den snabbt ökande användningen av BIM-planering. Alla parter i ett byggprojekt har ett behov av att så exakt som möjligt veta vad som modelleras och hur. (buildingSMART)

### **6.1 Kvalitetssäkring**

I den sjätte delen av YTV 2012 beskrivs hur man skall gå till väga för att säkra att planeringens kvalitet är så bra som möjligt. Allt för ofta granskas arbetet först i slutet av projektet och man märker då en mängd problem som man inte hinner rätta till på grund av

den pressade tidtabellen. YTV 2012 sätter tyngd på en granskning som görs redan i tidigt skede och fortsätter under projektets gång. Granskningsprocessen består av planerarens genomgång, planeringsgruppens kvalitetssäkring och beställarens kvalitetssäkring. Tabellen nedan beskriver hur granskningen bör göras bland dessa parter.

	Säännöllisesti	Suunnittelukokouksiin	Tarkastuspisteet
Suunnittelija (oma läpikäynti)	X	X	X
Suunnitteluryhmän laadunvarmistus		X	X
Tilaaajan laadunvarmistus			X

Tabell 6: De tre olika parternas granskningsuppgifter. (YTV 2012, Osa 6 Laadunvarmistus)

## 6.2 Planerarens granskningsuppgifter

Planeraren har en stor roll i granskningsprocessen – det är hans uppgift att se till att kvaliteten motsvarar kraven. Det här är viktigt att komma ihåg eftersom ingen annan utomstående gör detta i hans ställe. Planeraren granskar först modellen och korregerar vid behov de fel som uppstår. Därefter görs en IFC-modell av den ursprungliga modellen som även den bör granskas för att se till att alla objekt från den ursprungliga modellen har kommit med. Det rekommenderas att också en annan person än den som planerat konstruktionen granskar IFC-modellen. Efter varje granskning görs en granskningsrapport som bifogas till projektbanken tillsammans med den granskade modellen. (YTV 2012, Osa 6 Laadunvarmistus)

## 6.3 Planeringsgruppens granskningsuppgifter

Planeringsgruppens uppgift är inte att korrigera den enskilda planerarens planer, utan att hitta lösningar till eventuella problem som planeraren sedan kan anpassa. Ifall det finns olika modeller är det nödvändigt att kontrollera att de passar ihop. Till exempel bör arkitekt- och konstruktionsmodellen jämföras sinsemellan för att se till att konstruktionerna har rätt position. Husteknikmodellen bör kontrolleras så de inte är modellerade på konstruktioner i arkitekt- och konstruktionsmodellen. Eventuella ändringar görs sedan i de ursprungliga modellerna, och sedan kontrolleras de tillsammans igen. (YTV 2012, Osa 6 Laadunvarmistus)

## 6.4 Beställarens granskningsuppgifter

Beställaren bör se till att planerna som han tar emot är av bra kvalitet. Vanligen hamnar beställaren själv åtgärda fel som uppstått, om de inte beror på planeringsfel som planeraren hamnar ersätta. Dessutom kan fel som inte har hittats bli problematiska i framtiden. Beställaren kan därför själv granska kvaliteten eller anställa en sakkunnig som gör granskningen i beställaren ställe. Om beställaren hittar problem i modellen ska han inte själv åtgärda problemet utan rapportera detta till planeraren. (YTV 2012, Osa 6 Laadunvarmistus)

## 6.5 Ansvar

Det är viktigt att komma ihåg att planeraren ansvarar för kvaliteten i modellen som levereras. Beställarens godkännande minskar inte planerarens ansvar. Ansvaret ligger alltså på den som gör felet och inte på den som inte märkt felet. Därför bör planeraren se till att modellerna åtgärdas direkt då de har granskats och att de kontrolleras igen efter att felen åtgärdats. I planeringsgruppen finns en utnämnd person som ansvarar för kvalitetssäkringen. Dessutom skall det finnas en utnämnd reserv om det uppkommer förhinder för den förstnämnda. I samband med granskningen fyller man i ett granskningsformulär, uppbyggt på samma sätt som det här nedan. Formuläret bifogas sedan till granskningsrapporten. (YTV 2012, Osa 6 Laadunvarmistus)

Paikka:				
Aika:				
Tarkastaja:				
Kohde:				
Versio:				
Version päiväys:				
<b>Lähtötietomallin tarkastuslomake</b>	<b>Kunnossa</b>	<b>Puutteita</b>	<b>Ei relevantti</b>	<b>Kommentit</b>
Tietomalliselostus				
Mallit sovittuina tiedostoformaateina (IFC ja muut sovitut tiedostot)				
Mittau tulokset vastaavat mitattua rakennusta				

Figur 7: Exempel på hur ett granskningsformulär kan se ut (YTV 2012, Osa 6 Laadunvarmistus)

## 7 Granskning av planer

Den interna granskningen görs på Sweco enligt dokumentet *"Laatujärjestelmä ja kuvaus projektin hoitotavasta"* som finns tillgängligt på intranätet. Dokumentet finns till för att alla projekt skall utföras enligt spelreglerna.

Varje planerare bör själv kontrollera sitt arbete med jämna mellanrum och framför allt då han anser sig vara färdig med planeringsarbetet. Därtill bör också en annan person granska planerna. Personen som granskar kan till exempel vara projektchefen, eller en person som utnämnts i början av projektet. Allt material som projektchefen gör upp bör också granskas av projektets övervakare, eller en annan person som har tillräcklig kompetens för granskningen. Genom ett godkännande av planerna försäkrar man sig att planeringen och granskningen har gjorts rätt. Projektchefen eller granskaren står för godkännandet. (Sweco, Laatujärjestelmä ja kuvaus projektin hoitotavasta)

Granskningen försäkrar att planerna både tekniskt och formellt stämmer och är enhetliga. Planerna bör stämma överens med projektets krav, regler och finländska lagar. Dessutom granskas också att planerna har gjorts enligt korrekt basinformation och att de stämmer överens med beställarens krav. Planerna bör vara gjorda så att de uppfyller kraven för att de skall kunna utföras, det vill säga att de är tydliga och ritningstekniskt felfria. För att underlätta granskningen kan man använda sig av checklistor, vilka kan specificeras enligt projektet. Om projektet är uppdelat i mindre delar mellan olika parter bör man komma ihåg att granska hur parternas planer stämmer överens. (Sweco, Laatujärjestelmä ja kuvaus projektin hoitotavasta)

På Swecos intranät finns det färdiga checklistor för granskning av BIM-modell och olika typer av ritningar. Men informationen är begränsad. Till exempel finns det inga listor för stålkonstruktioner. I mitt examensarbete har jag tagit lite information från de redan existerande listorna för att kunna skapa nya listor för stålkonstruktioner.

### 7.1 Granskning av dimensionering

I Martin Fröderbergs undersökning (2014) framkommer det att konstruktörer ofta anser att det förekommer brister vid granskningen av dimensioneringsberäkningarna. Vanligtvis granskas beräkningarna endast av konstruktören själv. Det här kräver att konstruktören förstår vad som bör kontrolleras och att det kontrolleras på rätt sätt. Det här innebär att en konstruktör knappast alltid förstår hur stort ansvar det är frågan om. Att granskningen är

utförd enligt en checklista bevisar endast att man har kontrollerat planerna, men man vet inte om granskningen har gjorts på rätt sätt eller inte. (Johnell & Larsson, 2016)

Konstruktören har i uppgift att undersöka konstruktionens bärförmåga i olika gränstillstånd, förutom i normala situationer, också vid olycksfall och eldsvåda. Utgående från de beräkningarna kan han sedan välja rätt dimensioner för konstruktionerna. Därtill bör han också kontrollera olika fastsättnings- och fogars hållfasthet för den kommande belastningen. Vikten av elementen och dess tyngdpunkts position bör beräknas för att möjliggöra lyftarbetet på byggsplatsen. (Miljöministeriets förordning om bärande konstruktioner, 477/2014)

Personen som granskar de ovannämnda beräkningarna har i uppgift att lokalisera eventuella fel som kan finnas i dem. Det är viktigt att konstruktören som ursprungligen dimensionerade konstruktionerna, har dokumenterat beräkningarna på ett bra sätt, så att granskaren grundligt skall kunna kontrollera beräkningarna. Vanligtvis dimensioneras konstruktionerna med någon typ av beräkningsprogram. Då bör konstruktören komma ihåg att också kort beskriva beräkningarna med text vid sidan om programmet, så att granskaren förstår hur konstruktören har tänkt.

## **7.2 Granskning av BIM-modell**

Då man granskar en modell lönar det sig att kontrollera att alla delar och sammanställningar har fått sina namn, klasser, prefix och faser enligt projektets numreringsanvisningar. Om någon enskild del har fel egenskaper kan det leda till att den filtreras bort och blir därmed bortglömd. En annan sak som bör kontrolleras är sammanställningarnas statusar. Det vill säga i vilket planeringsskede de är. Sedan är det nödvändigt att granska hur konstruktionerna passar ihop med varandra och hustekniken. Här lönar det sig att göra ett kollisionstest. Dessutom är det skäligt att kontrollera om det överhuvudtaget är möjligt att installera konstruktionerna på byggsplatsen. Eftersom man ser konstruktionerna i 3D i modellen så kan det vara en fördel att kontrollera det just i modellen, jämfört med att granska det på 2D ritningar.

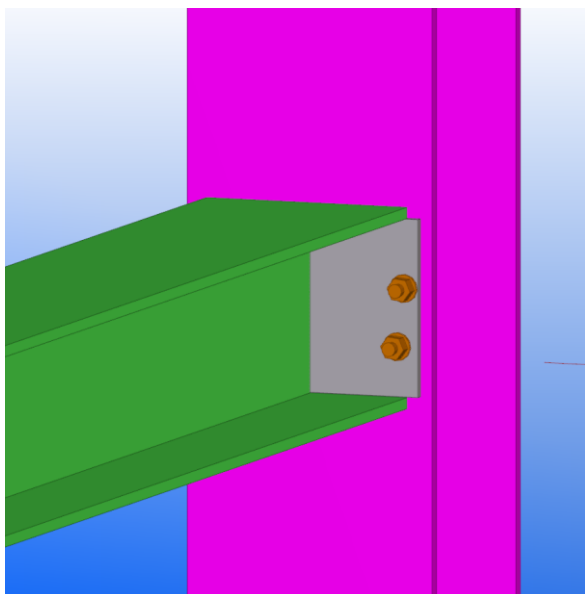
Då det gäller sammanställningar som skall installeras med shim-plåtar bör man kontrollera att de är skilt ifrån den övriga konstruktionen, så den inte i produktionen svetsas fast i sammanställningen. Det lönar sig också att kontrollera vilken del som är huvuddel i sammanställningen för att man sedan skall kunna göra snygga ritningar av den. Alla material



och toleranser i konstruktionerna kan vara värda att titta igenom för att kontrollera att de är så som de ska vara. (Sweco, tarkastuslistat)

Tillvägagångssätt för granskning av en BIM-modell kan delas in i två sätt, granskning och analys. I det här sammanhanget innebär granskningen att man kontrollerar om informationen i modellen som sådan är korrekt. Det innebär att man även måste kunna jämföra informationen med någon sorts referens. Visuellt granskning innebär att man visuellt kontrollerar de geometriska delar som finns i modellen och granskar att de är korrekta. Tyngdpunkten ligger alltså på igenkännande av olika komponenter och inte på hur realistiska de ser ut i modellen. Metoden är effektiv och lätt att anpassa, men sättet kräver att granskningen görs noggrant för att undvika mänskliga fel. Man kan också göra en automatiserad så kallad ”*clash check*” (kollisionstest) där man bland annat kontrollerar att objekten inte modellerats på varandra. (YTV 2012, Osa 6 Laadunvarmistus)

Genom att visuellt titta på konstruktionerna i modellen kan man ofta hitta fel som har uppstått då man har modellerat. Det är lätthänt att objekt placeras fel, lite snett eller liknande. På bilden nedan ser vi en anslutning där bultarna inte är i linje med den övriga konstruktionen. Det är ett exempel på fel som man kan hitta genom visuell granskning. Det lönar sig att då och då ta en paus från modellerandet och kolla igenom konstruktionerna som redan modellerats. På det sättet kan man efterhand rätta till felen då man märker dem, istället för att vara tvungen att åtgärda en mängd fel i slutskedet. I princip är det upp till planeraren själv att välja hur omfattande granskning han gör under modelleringen. Men i något skede måste det ändå göras, så lika bra att göra det direkt.



**Figur 8: Exempel på en anslutning som modellerats fel. (N. Jansson)**

Modellen kan också granskas utgående från rapporter som görs på basen av informationen som finns i modellen. Materialet är på så sätt lättare att tolka och sedan kan man avgöra om informationen är korrekt. Materialet kan införas i kalkylbladsprogram och behandlas vidare där. Analysen görs för att man skall kunna begripa helheter och se informationen från en viss synvinkel. Genom att analysera materialet får man reda på möjliga avvikelser som man sedan kan ta reda på om de behöver åtgärdas. (YTV 2012, Osa 6 Laadunvarmistus)

I tabellen nedan ser vi en delista med fyra olika delar. Utgående från listan kan vi kontrollera att delarnas prefix, namn, profil, material, utförandeklass, antal, längd, bredd och tjocklek stämmer. Genom att snabbt titta på rapporten kan vi genast notera att samtliga delar saknar utförandeklass. Det här skulle ta mycket längre tid att granska i själva modellen. Om det är frågan om mindre områden av en byggnad lämpar sig rapporterna bra för granskningen. Men om det är frågan om långa listor kan det vara arbetsdrygt att kontrollera informationen endast genom att läsa rapporter.

Osan tunnus	Nimi	Profilili	Materiaali	Tot. Luok.	Lkm	Pituus [mm]	Leveys [mm]	Paksuus [mm]
KAL-1-1001	PLATE	PL6X200	S235JR		8	151	200,0	6,00
KAP-1-1001	COLUMN	HEA240	S235JR		1	2000		
KAP-1-1003	COLUMN	HEA220	S235JR		7	2000		
KAP-1-1002	BEAM	HEA180	S355J2		4	3776		

Tabell 7: Exempel på hur en lista avsedd för granskning kan se ut. (N. Jansson)

### 7.3 Granskning av ritning

Ritningen är det slutliga resultatet av planeringen och därför är det väldigt viktigt att granskningen görs noggrant. Ritningen granskas av konstruktören samt av en utomstående erfaren person, till exempel projektchefen. Redan tidigare nämndes det att det slutliga ansvaret ligger hos konstruktören, det betyder att han bör se till att både han och någon annan granskar planerna. Ofta kan det vara svårt att få någon annan att seriöst kontrollera planerna, så det krävs ofta en viss mängd envishet från konstruktören. Det här leder till att oerfarna personer i branschen ofta inte får sitt arbete granskat, fastän de skulle behöva det allra mest. Är man oerfaren och osäker gör man knappast så mycket väsen av sig för att få planerna granskade. (Fröderberg, 2014, Johnell & Larsson, 2016)

Då man börjar granska en ritning lönar det sig att först kontrollera all information som finns i namnrutan. Sedan bör man kolla att ritningen är ritningstekniskt sett felfri. Det innebär att

man granskar att rätta tecken, linjetyper, rätt textstorlek o.s.v. används. När det är granskat börjar man se på själva innehållet. Visas innehållet på ett klart och tydligt sätt? Saknas någon typ av vy på ritningen eller saknas något mått i vyerna? Kan man montera konstruktionen utgående från ritningen? Stämmer de överens med dimensioneringen? Till sist lönar det sig att kontrollera att standarder, ytbehandling och toleranser stämmer överens med den specifika projektinformationen. (Sweco tarkastuslistat)

## **8 Verktyg för granskning**

Idag finns det en mängd olika verktyg som kan användas för att underlätta granskningsarbetet. Följande kapitel beskriver de olika verktygens funktioner och i vilka tillfällen de kan användas. En del av verktygen kan användas direkt i Tekla Structures men det finns också verktyg som används externt. Förutom de verktygen som beskrivs här nedan finns också möjligheten att analysera modellen utgående från rapporter, vilket beskrevs tidigare.

Alla verktyg har sina egna för- och nackdelar. Det kan därför vara svårt att säga vilket verktyg som är bäst. Man måste helt enkelt i början av projektet fundera ut vilket verktyg som man får mest stöd av. Det kan då löna sig att komma överens om ett eller två verktyg som används, eftersom att det blir väldigt råddigt om man blandar in flera verktyg. Klart att man kan använda det verktyg som passar bäst för en själv, men till exempel då man skall dela med sig av informationen till andra kan det bli komplicerat. Man jobbar sist och slutligen sällan ensam i ett byggprojekt.

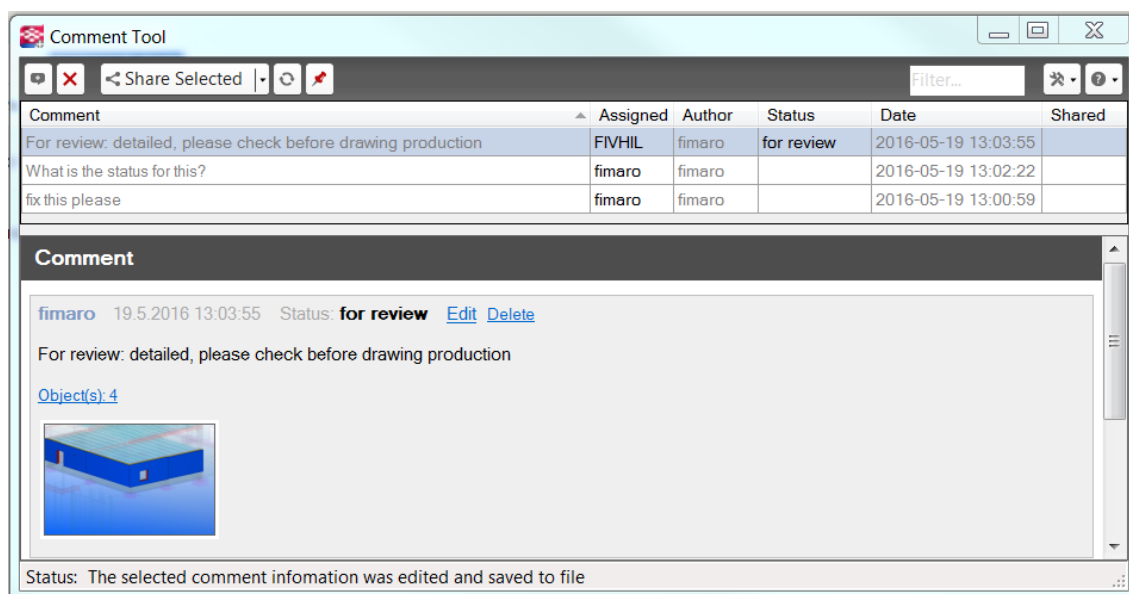
### **8.1 Verktyg i Tekla Structures**

#### **8.1.1 Comment tool**

Comment tool är ett verktyg som stöder kommunikation mellan användarna av modellen. Vilket namnet antyder så ger verktyget möjlighet att skriva kommentarer till olika konstruktioner. Alla kommentarer som görs sparas automatiskt i en mapp i modellen och man kan därifrån dela kommentarerna till andra användare. Dessutom är det möjligt att skicka kommentarerna till mottagaren via email. Kommentarna kan förutom ren text, också innehålla en bild av konstruktionen, separata dokument eller webbsidor. Man kan också länka objekt i Tekla-modellen till kommentarerna. Om man gör detta så blir objekten upplysta då man väljer kommentaren i listan och samtidigt kan man också zooma in just de

objekten, vilket gör det lätt att hänga med om vilka konstruktioner just den kommentaren gäller. (Trimble Solutions Corporation 2016)

Kommentarerna kan också visas i Tekla BIMsight som är en gratis version där man kan se och granska modellen. Dessutom är det möjligt att komma åt kommentarerna med till exempel Solibri och Graphisoft ArchiCAD, vilka är motsvarande BIM programvaror. Det gör Comment tool till ett värdefullt verktyg som man även kan kommunicera med mellan kontor och arbetsplats. Comment tool är ett ypperligt verktyg då man till exempel skall diskutera problem, ändringar, arbetsuppgifter och andra frågor i projektet. Man kan också hålla kommentarerna för sig själv och använda de som egna noteringar i modellen. (Trimble Solutions Corporation 2016)



**Figur 9: Exempel hur Comment tool kan användas mellan granskare och planerare. (Sweco Confluence, Minna S. Arola)**

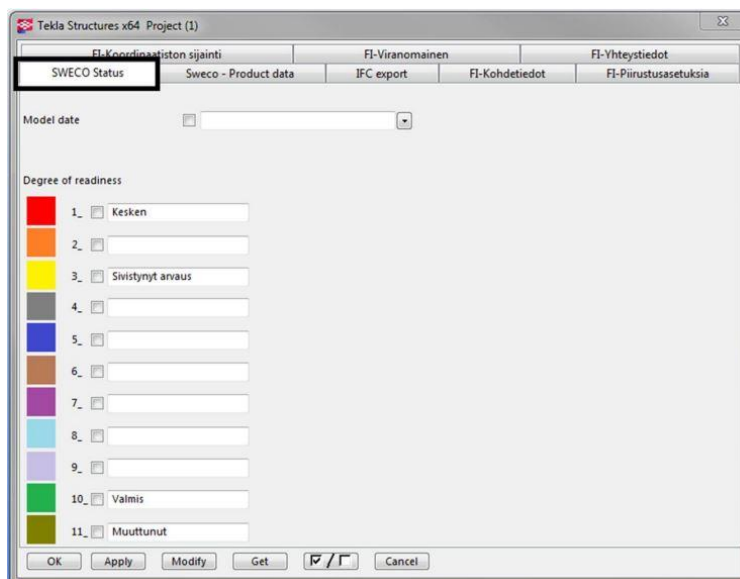
Comment tool kan alltså fungera som ett ställe där planerare och granskare kan kommunicera sinsemellan, vilket figur 9 ovan beskriver. Ibland kanske det räcker att granskaren skriver en granskningsrapport till planeraren där alla eventuella ändringar kommer fram, men i en del fall kanske ändringarna endast gäller vissa specifika objekt i en byggnadsdel. Då kan det vara lättare att låta informationen gå fram och tillbaka i Comment tool, där endast de berörda objekten markeras. Det blir således lättare att hänga med vad som gäller för just det objektet.

Jag kan tänka mig att det i vissa fall kan bli lite råddigt att bara kommunicera med Comment tool, speciellt då det handlar om stora områden som granskas. Då skulle jag tro att det blir lättast att till en början skriva en granskningsrapport där hela området beskrivs, så att

planeraren kan uppdatera konstruktionerna enligt det. Sedan när det är gjort kan man mer ingående i Comment tool beskriva enskilda objekt som eventuellt behöver ändras ytterligare. Det kan också vara bra att komma överens om vad Comment tool används till i början av projektet. Eftersom verktyget också kan fungera som en kanal mellan kontoret och byggplatsen finns det risk för att det blir för mycket information, vilket gör det hela onödigt räddigt.

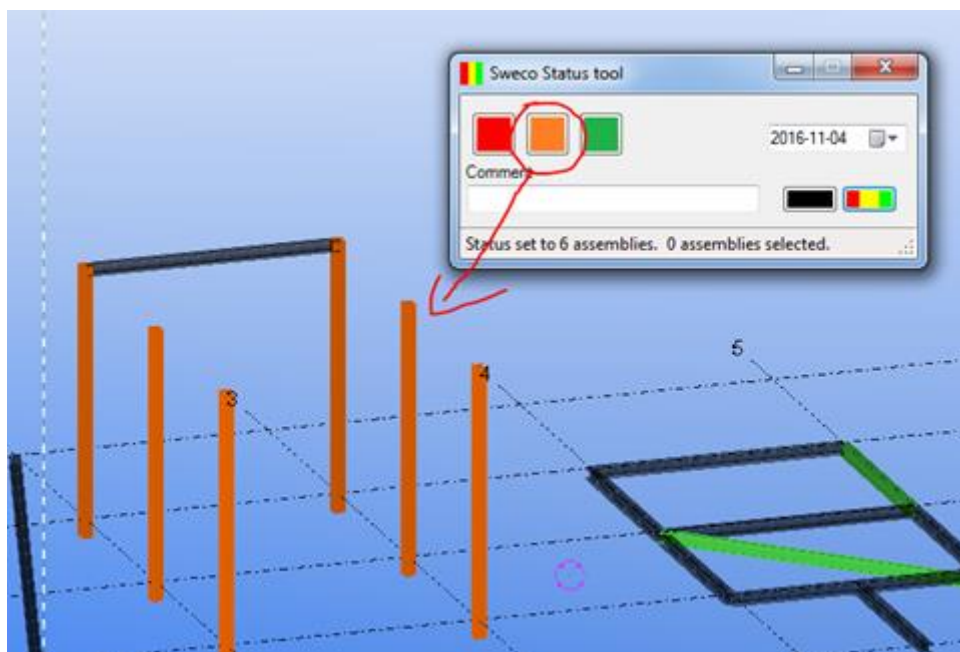
### 8.1.2 Status tool

Med verktyget Status tool kan man ge modellens konstruktioner olika statusar. Verktyget skapar en överblick av projektet där man ser i vilket skede konstruktionerna är. Verktyget är skapat för att man skall kunna övervaka hur projektet framskrider och utgående från det fortsätta planeringen. Verktyget fungerar med hjälp av så kallade *User Defined Attributes* (UDA), vilka är attribut som användaren själv definierar. Attributen definieras under projektets egenskaper (Se figur 10 nedan). Således använder alla personer i samma projekt samma attribut. Varje status har sin egen färg i verktyget, så det är lätt att se hur långt planerade olika byggnadsdelar är. (Trimble Solutions Corporation 2016)



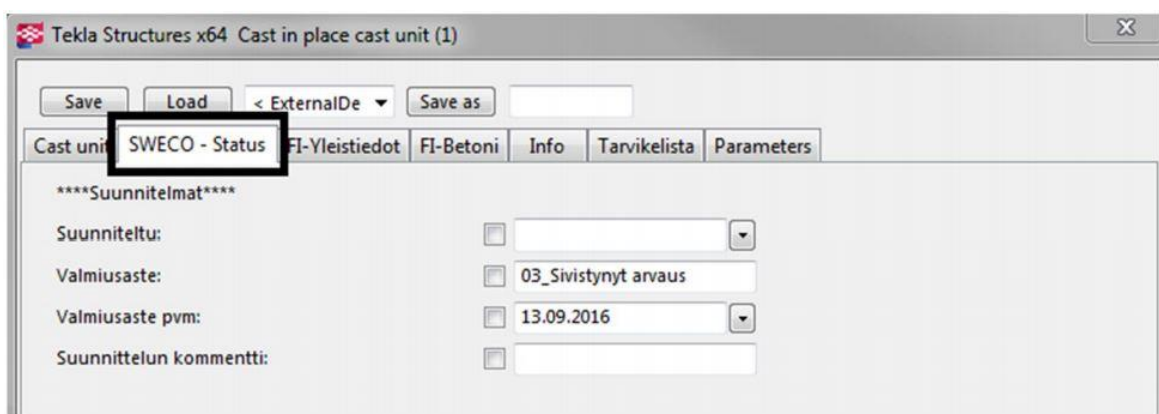
**Figur 10:** De statusar som används definieras i projektegenskaperna. (Sweco Confluence, Kirsi Kemppainen)

Verktyget fungerar så att då en konstruktion har uppnått en viss färdighetsgrad, ändras konstruktionens status enligt färdighetsgraden. Man väljer helt enkelt de sammanställningar som skall byta status och sedan väljer man statusen de skall få, det här beskrivs nedan på figur 11.



**Figur 11: Objektet får statusar i Status tool (Sweco Confluence, John Larsson)**

Till exempel då konstruktionen har planerats, granskats och är färdig för att skickas för produktion, ändrar man statusen till exempelvis "Ritningarna skickade" eller liknande. Ifall konstruktionen på något sätt ändras, byter man igen status till exempelvis "Ändrad". När en sammanställning har fått en status kan man sedan se detta under dess egenskaper (figur 12). (Trimble Solutions Corporation 2016)



**Figur 12: Sweco Status i assembly properties. (Sweco Confluence, Kirsi Kemppainen)**

Eftersom Status tool är utvecklad med tanke på att man skall kunna ge statusar enligt dimensionering, modellering, produktion och installation, så kan det vara svårt att klämma in statusar som också endast beskriver granskningen. I nuläget är det möjligt att ge elva olika statusar i projektet. Även här gäller det alltså att komma överens om vilka statusar som

används i projektet och vad de olika statusarna verkligen innebär. Därför kan det vara bra att göra upp ett skilt dokument för detta där spelreglerna för statusarna definieras.

För att nämna ett exempel kan konstruktionsplaneraren ge konstruktionen statusen ”Dimensionerad”. Då vet granskaren att han kan kontrollera konstruktionen. Därefter får konstruktionen antingen en ny status, eller en kommentar där granskaren godkänner dimensioneringen. Därefter kan planeringen fortsätta med planering av anslutningar till konstruktionen, ritningar och så vidare. Nackdelen med Status tool är att det inte finns rum för långa kommentarer, så verktyget kräver att man använder något annat vid sidan om, till exempel granskningsrapporter eller Comment tool. För att kontrollera vad som skall granskas till näst är status tool däremot ett bra verktyg.

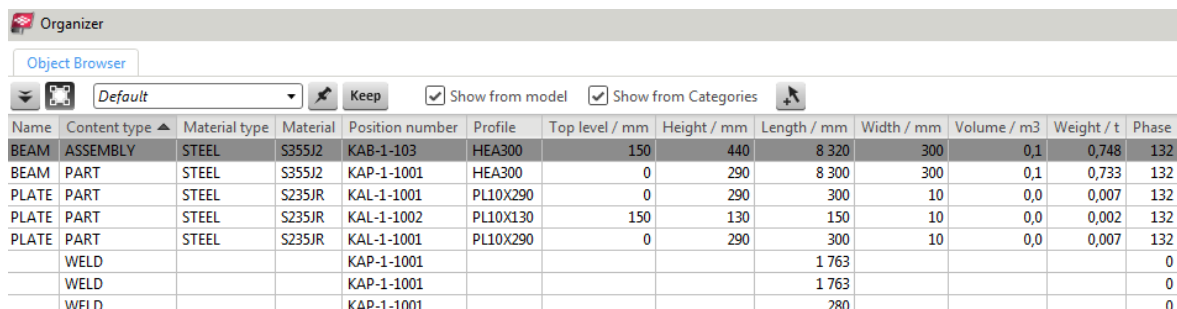
### 8.1.3 Organizer

Med hjälp av Organizer kan man effektivt och snabbt komma åt olika delars egenskaper. All information om modellen samt IFC finns samlad på ett och samma ställe. Man kan alltså snabbt och enkelt granska om delarna har rätt egenskaper och vid behov kan man sedan redigera ett eventuellt fel. Med verktyget kan man också dela in byggnaden i olika kategorier som till exempel beskriver vikten. Man kan då kontrollera att också kategorin har rätt egenskaper. Till exempel kan man kontrollera att den totala egenvikten för ett stålbjälklag i byggnaden inte överskrider egenvikten som den dimensionerats för. (Trimble Solutions Corporation 2016)

Organizer						
Object Browser						
		Sweco weight per meter		Keep	<input checked="" type="checkbox"/> Show from model	<input checked="" type="checkbox"/> Show from Categories
Part pos	Name	Profile	Material	Length / mm	Weight per meter / kg	Weight / t
▼ Category: Beams > Platform beams > Hot-rolled I- and H-profiles > < 50 kg/m (1)						
				8 300		
KAP-1-1001	BEAM	HEA140	S355J2	8 300	24,7	0,205
▼ Category: Beams > Platform beams > Hot-rolled I- and H-profiles > 50...200 kg/m (3)						
				24 500		
KAP-1-1001	BEAM	HEA300	S355J2	8 300	88,3	0,733
KAP-1-1002	BEAM	HEA300	S355J2	8 100	88,3	0,715
KAP-1-1002	BEAM	HEA300	S355J2	8 100	88,3	0,715
▼ Selection from the model: (4)						
				32 800		
KAP-1-1002	BEAM	HEA300	S355J2	8 100	88,3	0,715
KAP-1-1002	BEAM	HEA300	S355J2	8 100	88,3	0,715
KAP-1-1001	BEAM	HEA300	S355J2	8 300	88,3	0,733
KAP-1-1001	BEAM	HEA140	S355J2	8 300	24,7	0,205

Figur 13: Indelning av kategorier i Organizer. (N. Jansson)

I figuren ovanför har man delat in konstruktionerna i två kategorier, en där vikten är under 50 kg/m och en där vikten är mellan 50 och 200 kg/m. Nu kan vi lätt urskilja egenskaperna för de olika kategorierna. När det är frågan om stora modeller med kan det här vara ett väldigt bra verktyg där man kan dela upp modellen i mindre kategorier och delar.



The screenshot shows the 'Organizer' window with an 'Object Browser' tab. Below the browser are filters: 'Default' (dropdown), 'Keep' (button), 'Show from model' (checkbox), and 'Show from Categories' (checkbox). Below these is a table with the following data:

Name	Content type	Material type	Material	Position number	Profile	Top level / mm	Height / mm	Length / mm	Width / mm	Volume / m3	Weight / t	Phase
BEAM	ASSEMBLY	STEEL	S355J2	KAB-1-103	HEA300	150	440	8 320	300	0,1	0,748	132
BEAM	PART	STEEL	S355J2	KAP-1-1001	HEA300	0	290	8 300	300	0,1	0,733	132
PLATE	PART	STEEL	S235JR	KAL-1-1001	PL10X290	0	290	300	10	0,0	0,007	132
PLATE	PART	STEEL	S235JR	KAL-1-1002	PL10X130	150	130	150	10	0,0	0,002	132
PLATE	PART	STEEL	S235JR	KAL-1-1001	PL10X290	0	290	300	10	0,0	0,007	132
	WELD			KAP-1-1001				1 763				0
	WELD			KAP-1-1001				1 763				0
	WELD			KAP-1-1001				280				0

**Figur 14: Granskning av en sammanställning i Organizer. (N. Jansson)**

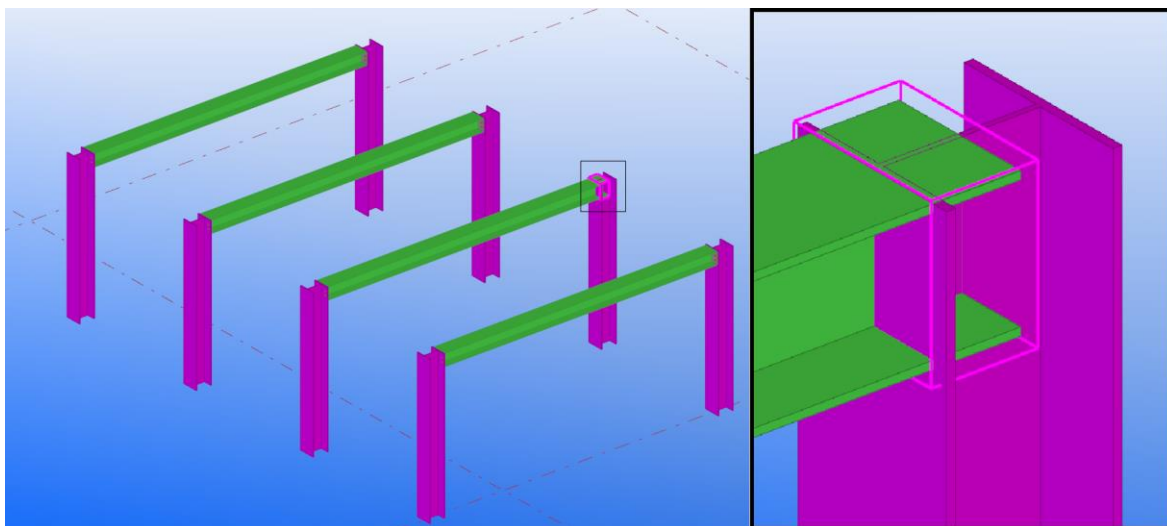
Om man vill veta vad en sammanställning består av kan få reda på det genom att använda Organizer. I figur 14 har vi valt en sammanställning och verktyget berättar då vad det består av. I det här fallet består sammanställningen alltså av en balk som har tre stycken plåtar fastsvetsade i en HEA-profil. Organizer berättar förutom om delarnas egenskaper, också om svetsarna. Här kan man se ifall det är fråga om rätt antal svetsar i sammanställningen och vilka deras längder är.

#### 8.1.4 Clash Check Manager

Clash Check Manager är ett verktyg med vilken man kan upptäcka konstruktioner som krockar med varandra. Verktöget kan till exempel användas då man har modellerat ett visst område av byggnaden och man vill vara säker på att alla anslutningar är modellerade som de skall vara. Då väljer man helt enkelt objekten som skall granskas och sedan väljer man vilka kollisioner man vill hitta. Clash Check Manager hittar en väldigt stor mängd kollisioner och en del är uppenbara, så det finns skäl att filtrera bort dem. Till exempel kan Tekla anse att ankarstänger som går igenom en bottenplatta är en kollision även om man har gjort hål i bottenplattan på rätt ställen. (John Larsson, Sweco Confluence)

När man har angett informationen för kontrollen går verktyget igenom området och hittar alla eventuella kollisioner. Resultatet fås som en lista och alla kollisioner markeras dessutom i modellen enligt figur 15 nedan. På bilden ser vi fyra balkar som alla stöds upp av en pelare i vardera ända. Med hjälp av Clash Check Manager upptäcker vi att en av anslutningarna inte har modellerats.





**Figur 15:** Med hjälp av Clash Check Manager hittar man snabbt och enkelt konstruktioner som kolliderar med varandra i modellen. (N. Jansson)

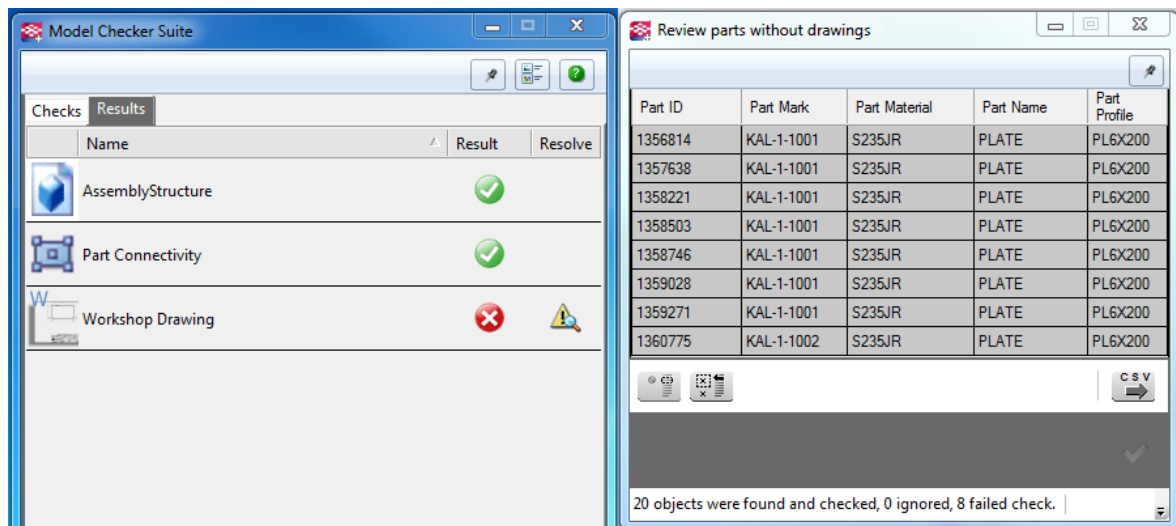
Med Clash Check Manager kan man också spara kollisionskontrollen och fortsätta jobba med dem i ett senare skede. Det är också möjligt att skriva kommentarer för kollisionerna. Verktøget fungerar bäst då den enskilda modellaren kontrollerar sitt arbete med jämna mellanrum. Clash Check Manager har nämligen inte så mycket annat att ge än just vid rutinkontroller av olika områden i modellen. Men det är helt klart nödvändigt att göra dessa kontroller då och då eftersom det ofta uppkommer oförklarliga tekniska fel i Tekla. De här är avsevärt mycket lättare att hitta i Clash Check Manager än om man kontrollerar modellen manuellt.

### 8.1.5 Model Checker Suite

Med Model Checker Suite kan man kontrollera att olika saker i modellen är som de ska. Verktøget har totalt 16 olika funktioner, med vilka man bland annat kan kontrollera att alla sammanställningar är som de skall vara. Med hjälp av Model Checker Suite kan man till exempel kontrollera att de har rätt struktur, att alla delar tillhör en sammanställning, eller att liknande sammanställningar har samma svetstyper. Andra saker som kan granskas är vilka delar som är anslutna med en viss komponent, att rätt material används, vilka delar som det har gjorts ritningar för, och ifall det finns delar som inte syns i monteringsritningar. (Sweco Confluence, John Larsson)

När en del av en byggnad är färdig kan vi välja alla objekt i området och kontrollera konstruktionerna med hjälp av Model Checker Suite. Ur en lista väljer vi vad vi skall granska

– vi har i det här fallet valt att kontrollera sammanställningens struktur, att alla delar har en sammanställning och för vilka delar det inte ännu har gjorts verkstadsritningar. Efter det gör Tekla kontrollen och en resultatlista dyker upp (till vänster i figur 16 nedan). Ur listan ser vi att strukturen i samtliga sammanställningar är korrekt och att alla delar är kopplade till en sammanställning. Däremot har man inte ännu gjort verkstadsritningar för alla delar.



**Figur 16:** Till vänster: Val av vad som granskas i Model checker suite. Till höger: Lista på delar som saknar ritningar. (N. Jansson)

Tekla skapar automatiskt en lista där de delar som saknar ritningar framkommer (till höger i figur 16 ovan). I det här fallet är det frågan om åtta stycken delar. Delarna kan sedan lätt identifieras utgående från listan och man kan sedan göra de återstående ritningarna som behövs. Model Checker Suite lämpar sig bäst för den regelbundna granskningen som planeraren själv står för. För det ändamålet kan man få mycket stöd av verktyget.

## 8.2 Externa verktyg

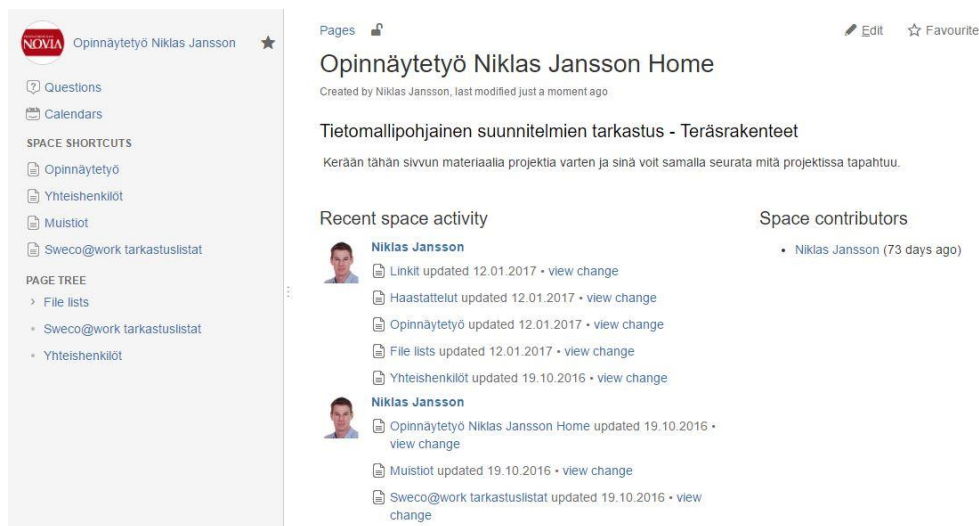
Här nedan beskrivs externa verktyg som används för att underlätta granskningsarbetet. Programmen används alltså inte direkt i Tekla Structures som de tidigare beskrivna verktygen.

### 8.2.1 Confluence

Confluence är en wiki-programvara som har utvecklats för att förenkla arbete i grupp inom olika organisationer. I Confluence kan användarna skapa en egen sida för ett visst projekt eller för en arbetsuppgift. Sidan fungerar då som databas för projektet och man har möjlighet

att organisera och följa med projektet. All väsentlig information samlas på sidan och man kan föra diskussioner mellan parterna i projektet, vilket är väldigt viktigt för ett gott slutresultat. Programvaran har utvecklats av det australiensiska företaget Atlassian och de har även utvecklat projekthanteringsprogramvaran Jira som kan användas tillsammans med Confluence. (Atlassian, 2016)

I stora byggprojekt där det finns en massa olika dokument så kan Confluence vara ett mycket bra ställe att samla allt material på. Sidan delas upp med hjälp av olika avsnitt, dit man samlar information för just det avsnittet. Om man använder Confluence vid granskningen, skulle det finnas ett skilt avsnitt dit man laddar upp filerna som skall granskas. Granskningsavsnittet skulle vara indelat enligt byggnadsområdena som granskas och de kunde i sin tur vara indelade i granskning av dimensionering, ritning och BIM-modell. Personen som granskar planerna kan ladda upp en granskningsrapport till sidan som sedan planeraren kan kontrollera och göra ändringar enligt. Systemet skulle fungera riktigt bra så länge alla medverkande vet om hur systemet fungerar, men det förutsätter att man går igenom hur granskningen görs i början av projektet. Det finns även möjlighet att använda Jira tillsammans med Confluence, vilket gör användningen av Confluence till ett bättre verktyg.

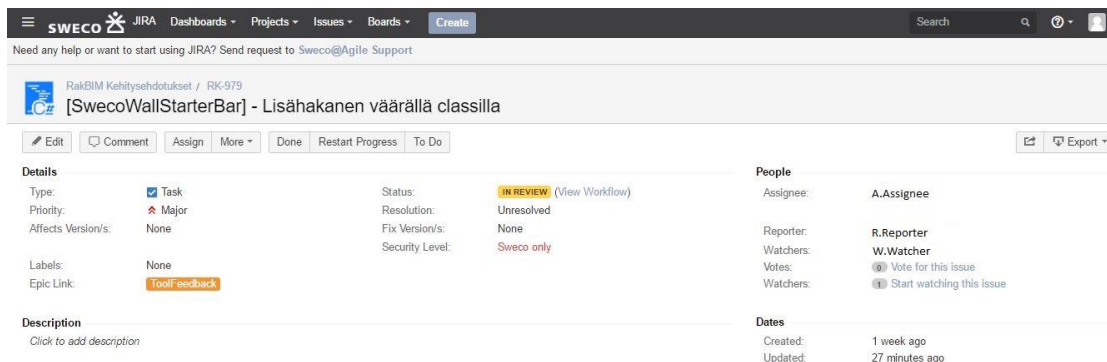


Figur 17: Exempel på hur man kan bygga upp en sida på Confluence (N. Jansson)

## 8.2.2 Jira

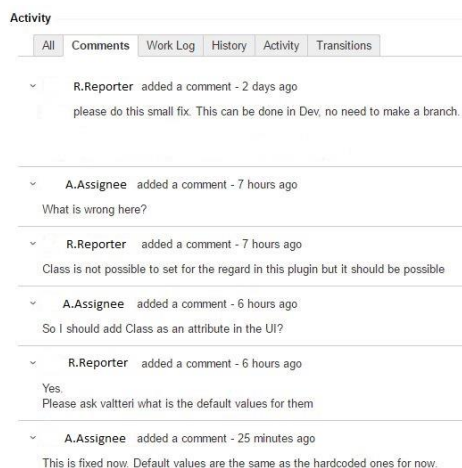
Jira är alltså en programvara som är utvecklad för projekthantering, på samma sätt som i Confluence har projekten och dess arbetsuppgifter egna sidor. På sidan kan man till exempel beskriva vad som skall göras till näst i projektet, vad som redan har gjorts och vem som skall

göra vad. Med hjälp av Jira kan man alltså enkelt följa med hur projektet framskrider och göra fortsatt planering utgående från det. Projektledaren kan dela ut uppgifter åt medarbetarna via Jira, de får då en avisering om uppgiften och när uppgiften är gjord uppdaterar de statusen för uppgiften. Därefter kontrolleras uppgiften och om allt är i sin ordning godkänns uppgiften. (Atlassian, 2016)



**Figur 18: Uppgiftens sida i Jira. (N. Jansson)**

Med tanke på granskningen finns det många möjligheter för Jira. Låt oss säga att man har kommit överens om att Greger Granskare skall kontrollera att en balk-konstruktion har planerats korrekt. Konstruktionsplanerare Kalle planerar konstruktionen och sedan kan han enkelt meddela när balken är klar för granskning och inom vilken tidtabell det bör göras. Greger får då en avisering om att han nu kan börja granskningsarbetet och utför granskningen. Samtidigt kan projektledaren följa med hur arbetet fortskrider och i vilket skede projektet är. På figur 18 ovan syns sidan för uppgiften, där kan man kontrollera vem som har givit uppgiften och vem som gör den o.s.v. Man kan också ställa frågor i kommentarsfältet vilket syns i figur 19 nedan.



**Figur 19: Kommentarsfältet för uppgiften i Jira. (N. Jansson)**

### 8.3 Nya möjliga alternativ

Under en stor del av tiden som jag har utfört detta examensarbete har jag funderat på olika nya möjliga verktyg som kunde underlätta granskningen. Genom möten och brainstorming med nyckelpersoner inom ämnet har många nya idéer dykt upp. Det vi har kommit fram till att skulle stöda granskningen bäst, kunde vara ett verktyg som tar alla goda egenskaper från de nuvarande verktygen. Verktöget skulle endast användas för att se till att kvaliteten är på god nivå. Namnet på ett sådant verktyg kunde vara QA-tool (Quality Assurance= kvalitetssäkring).

QA-tool skulle kunna tänkas ha samma uppbyggnad som Status tool, men attributen i verktöget kunde gälla endast granskning. Med andra ord kan konstruktionerna få olika statusar enligt endast granskningen. För att göra verktöget lätt att använda kunde man i verktöget göra tre stycken flikar som består av dimensionering, modellering och ritning. På det sättet skulle information om de tre parterna finnas på samma ställe, men ändå tillräckligt åtskilda för att undvika att de blandas ihop. Om det finns behov att skriva längre kommentarer i verktöget, kunde man förutom att ha ett kort kommentarsfält också länka ihop verktöget med Comment tool. På det sättet skulle man kunna se kommentarerna också i QA tool.

## 9 Avslutning

Då jag började skriva detta examensarbete lades det stor tyngd på ritningarnas checklistor, men ganska snabbt framkom det att det mest väsentliga granskningsarbetet görs redan under tiden som byggnaden modelleras. Att granska slutresultatet är förstås viktigt i sig, men man gör ingenting med en ritningstekniskt felfri ritning om innehållet inte är korrekt.

Samtliga källor som jag använt mig av lägger tyngd på en kontinuerlig granskning under projektets gång, vilket efterhand reducerar många fel i planeringen. Betydelsen för den kontinuerliga granskningen kommer starkt fram i Fröderbergs undersökning där det framkom enorma skillnader mellan olika konstruktörers arbete. Granskningsarbetet kan delas in i tre olika delar – granskning av dimensionering, modell och ritning. I normala fall görs granskningen vartefter just i den ordningen.

I Eurokoderna delas byggnaderna in i olika klasser enligt hur komplicerade konstruktioner som används är, vilket är direkt jämförbart med till vilken grad granskningsarbetet bör göras. Miljöministeriet beskriver i sin förordning om bärande konstruktioner vilka dokument som

anses vara nödvändiga att göra, vad de bör innehålla och hur de skall granskas. Ansvar för planerna ligger hos konstruktören och inte hos beställaren eller granskaren, därför är det viktigt att konstruktören ser till att planerna granskas på rätt sätt.

Det finns många verktyg som man kan använda för att underlätta granskningen och de har till en viss del utvecklats för olika ändamål. För att granskningen skall kunna göras enhetligt bör man komma överens i början av projektet vilka verktyg som används på allmän nivå. Konstruktören kan självständigt välja vilka verktyg som används vid den regelbundna kollen som utförs på egen hand, då väljs såklart de verktyg som anses ge mest stöd för granskningen.

I framtiden kan det bli aktuellt att skapa ett nytt verktyg som endast koncentrerar sig på granskningsarbetet. Detta skulle i dagens läge vara nyttigt att ta fram – eftersom alla befintliga verktyg inte direkt hänger ihop även om de används tillsammans, vilket leder till att verktygens goda egenskaper försvinner i mängden. Rent tekniskt skulle ett sådant verktyg inte vara så svårt att skapa.

## Källförteckning

Aftonbladet. *Byggjobbare miste livet i betongraset*. J.Sjölund, R.Johansson, O.Castelius.  
<http://www.aftonbladet.se/nyheter/article11462563.ab> (hämtat: 08.04.2017)

Atlassian. *Confluence*.  
<https://www.atlassian.com/software/confluence> (hämtat: 25.10.2016)

Atlassian. *Jira*.  
<https://www.atlassian.com/software/jira> (hämtat: 25.10.2016)

BIM Alliance. *Vad är BIM?* [http://www.bimalliance.se/om\\_bim\\_alliance/vad\\_ar\\_bim](http://www.bimalliance.se/om_bim_alliance/vad_ar_bim)  
(hämtat: 25.10.2016)

Buensoz, E & Ziegenhagen, E., 2013 *Orsaker och konsekvenser av byggfel*. Jönköping: Examensarbete, Tekniska högskolan, Högskolan i Jönköping, Byggnadsteknik.  
<http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:690300/FULLTEXT01.pdf> (hämtat 17.03.2017)

buildingSMART Finland. *Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 5. Rakennesuunnittelu*.  
[https://asiakas.kotisivukone.com/files/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012\\_osa\\_5\\_rak.pdf](https://asiakas.kotisivukone.com/files/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012_osa_5_rak.pdf) (hämtat: 4.11.2016)

buildingSMART Finland. *Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 6. Laadunvarmistus*.  
[http://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012\\_osa\\_6\\_laadunvarmistus.pdf](http://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_6_laadunvarmistus.pdf)  
(hämtat: 06.01.2017)

Connecticut Humanities, Connecticuthistory.org. *Almost a Tragedy: The Collapse of the Hartford Civic Center* <http://connecticuthistory.org/almost-a-tragedy-the-collapse-of-the-hartford-civic-center/> (hämtat: 20.11.2016)

DN Debatt, *Byggnader som rasar växande problem i Sverige*. Prof. Elfren, L, Prof. Gylltoft, K, Prof. Sundquist, H, Prof. Thelandersson, S.  
[https://www.ltu.se/cms\\_fs/1.98821!/file/Debattartikel%20DN%20Byggnadsras.pdf](https://www.ltu.se/cms_fs/1.98821!/file/Debattartikel%20DN%20Byggnadsras.pdf) (hämtat 28.03.2017)

Fröderberg, M., 2014 *The human factor in structural engineering: A source of uncertainty and reduced structural safety*. Lund: Licentiate Thesis, Lund University, Faculty of Engineering, Division of Structural Engineering.  
[http://portal.research.lu.se/portal/en/publications/the-human-factor-in-structural-engineering-a-source-of-uncertainty-and-reduced-structural-safety\(200aed0d-3cb4-4b84-9b3b-02731a332e79\).html](http://portal.research.lu.se/portal/en/publications/the-human-factor-in-structural-engineering-a-source-of-uncertainty-and-reduced-structural-safety(200aed0d-3cb4-4b84-9b3b-02731a332e79).html) (hämtat: 21.11.2016)

Hultqvist, A & Jansson, D., 2013 *Brister i bygghandlingar – En intervjustudie av de brister i ritningar som påverkar den övergripande byggkvaliteten i produktionsskedet*. Göteborg: Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet, Chalmers tekniska högskola, Institutionen för bygg- och miljöteknik.  
<http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/185200/185200.pdf> (hämtat 28.03.2017)

Johnell, R, & Larsson, E., 2016 *Kontroll av granskning – En undersökning av brister i granskningen av konstruktioner*. Lund: Examensarbete, Lunds universitet, Lunds tekniska

högskola, Institutionen för Bygg- och miljöteknik. <http://lup.lub.lu.se/student-papers/record/8880982> (hämtat: 29.03.2017)

Lloyd's Register. *Building Information Modelling (BIM). Utilities and Building Assurance Schemes*. <http://www.lr.org/en/utilities-building-assurance-schemes/building-information-modelling/> (hämtat: 08.04.2017)

Miljöministeriets förordning om bärande konstruktioner 17.6. 477/2014  
<http://www.finlex.fi/sv/laki/alkup/2014/20140477> (hämtat 04.04.2017)

National BIM Standard-United States™. *Frequently Asked Questions About the National BIM Standard-United States™*. <https://www.nationalbimstandard.org/faqs> (hämtat: 24.10.2016)

Rakennustieto, Rakennustietosäätiö, RTS. *Tietomallintamisen (BIM) käyttö Suomessa. Kyselyn tulokset* [https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/tutkimus-ja\\_kehittamistoimita/6JKJPZe3A/BIM\\_Survey\\_raporttiteksti.pdf](https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/tutkimus-ja_kehittamistoimita/6JKJPZe3A/BIM_Survey_raporttiteksti.pdf) (hämtat 20.11.2017)

Sweco@work. *Laatujärjestelmä ja kuvaus projektin hoitotavasta*  
[http://intranet/Global/swecoatwork/227/00\\_IPECC/01\\_Aloitut/Laatu/Laatuj%c3%a4rjestelm%c3%a4%20ja%20kuvaus%20projektin%20hoitotavasta\\_2016\\_11\\_01.pdf](http://intranet/Global/swecoatwork/227/00_IPECC/01_Aloitut/Laatu/Laatuj%c3%a4rjestelm%c3%a4%20ja%20kuvaus%20projektin%20hoitotavasta_2016_11_01.pdf) (hämtat 08.03.2017)

Sweco@work. *Tarkastuslistat* (hämtat: 17.10.2016)

Sweco Confluence, John Larsson. *Clash Check Manager. Model Check*.  
<https://confluence.sweco.fi/display/teklaswe/Clash+Check+Manager> (hämtat: 27.03.2017)

Sweco Confluence, John Larsson. *Model Checker Suite. Model Check*.  
<https://confluence.sweco.fi/display/teklaswe/Model+Checker+Suite> (hämtat: 27.03.2017)

Sweco Confluence, John Larsson. *Class and Numbering Guide. Modelling*.  
<https://confluence.sweco.fi/display/teklaswe/Class+and+Numbering+Guide> (hämtat 05.01.2017)

Sweco Confluence, Kirsi Kemppinen. *Sweco Satus tool. Ohjeet*.  
<https://confluence.sweco.fi/display/RAK3/Sweco+Status+Tool> (hämtat 05.01.2017)

Suomen Standardisoimisliitto SFS. SFS-EN-1990+A1+AC *Eurokoodi. Rakenteiden suunnitteluperusteet*. Helsinki: SFS.

TheLandersson, S & Fröderberg, M., 2015 *Konceptuell helhetssyn vid projektering av bärande system*. Presentation vid Stålbyggnadsdagen 16.11.2015, Göteborg  
<http://sbi.se/uploads/source/files/SBD/2015/Presentationer/Sven%20T%20SBI%20presentation%202015-11-12-ver%202.pdf> (hämtat: 20.11.2016)

Trimble Solutions Corporation 2016. Om oss. *Avancerad programvara för konstruktion*.  
<http://www.tekla.com/se/om-oss/om-oss> (hämtat: 25.10.2016)

Trimble Solutions Corporation 2016. Tekla Extensions – General Design. *Comment tool*.  
[https://teklastructures.support.tekla.com/not-version-specific/en/ext\\_comment\\_tool](https://teklastructures.support.tekla.com/not-version-specific/en/ext_comment_tool) (hämtat: 25.10.2016)



Trimble Solutions Corporation 2016. Tekla User Assistance. *Drawing guide*.  
[https://teklastructures.support.tekla.com/201/en/dra\\_introduction\\_to\\_tekla\\_structures\\_drawings](https://teklastructures.support.tekla.com/201/en/dra_introduction_to_tekla_structures_drawings) (hämtat 25.10.2016)

Trimble Solutions Corporation 2016. Tekla User Assistance. *Modelling guide*.  
[https://teklastructures.support.tekla.com/201/en/mod\\_creating\\_3d\\_models](https://teklastructures.support.tekla.com/201/en/mod_creating_3d_models) (hämtat: 25.10.2016)

Trimble Solutions Corporation 2016. Tekla User Assistance. *Organizer*.  
[https://teklastructures.support.tekla.com/2016/en/mod\\_organizer](https://teklastructures.support.tekla.com/2016/en/mod_organizer) (hämtat: 25.10.2016)

Trimble Solutions Corporation 2016. Tekla User Assistance. *Reports*.  
[https://teklastructures.support.tekla.com/201/en/rep\\_reports](https://teklastructures.support.tekla.com/201/en/rep_reports) (hämtat: 31.10.2016)

Trimble Solutions Corporation 2016. Precast Extensions. *Status tool*.  
[https://teklastructures.support.tekla.com/210/en/ext\\_status\\_tool](https://teklastructures.support.tekla.com/210/en/ext_status_tool) (hämtat: 25.10.2016)

Trimble Solutions Corporation 2016. Produkter. *Tekla Structures BIM-programvara*.  
<https://www.tekla.com/se/produkter/tekla-structures> (hämtat: 30.12.2016)

## Bild- och tabellförteckning

Figur 1: BIM-modellens livscykel och dess möjligheter. (Lloyd's Register).....	2
Figur 2: Användningen av BIM åren 2013-2018 (Rakennustietosäätiö RTS, buildingSMART, RIBA) .....	3
Figur 3: Exempel på hur en BIM-modell kan se ut då byggnaden har modellerats i Tekla Structures. (N. Jansson).....	4
Figur 4: Betongblocken rasade över en personbil och en skylift i Kista 2008. (Aftonbladet, S. Sjöswärd).....	7
Figur 5: Hartford Civic Center efter att taket kollapsat 1978. (Connecticut Historical Society) .....	9
Figur 6: Resultat för vilken kraft en enskild pelare utsätts för. En jämförelse mellan olika ingenjörer. (M. Fröderberg).....	10
Figur 7: Exempel på hur ett granskningsformulär kan se ut (YTV 2012, Osa 6 Laadunvarmistus) .....	16
Figur 8: Exempel på en anslutning som modellerats fel. (N. Jansson) .....	19
Figur 9: Exempel hur Comment tool kan användas mellan granskare och planerare. (Sweco Confluence, Minna S. Arola).....	22
Figur 10: De statusar som används definieras i projektegenskaperna. (Sweco Confluence, Kirsi Kemppainen) .....	23
Figur 11: Objekten får statusar i Status tool (Sweco Confluence, John Larsson) .....	24
Figur 12: Sweco Status i assembly properties. (Sweco Confluence, Kirsi Kemppainen)..	24
Figur 13: Indelning av kategorier i Organizer. (N. Jansson) .....	25
Figur 14: Granskning av en sammanställning i Organizer. (N. Jansson) .....	26
Figur 15: Med hjälp av Clash Check Manager hittar man snabbt och enkelt konstruktioner som kolliderar med varandra i modellen. (N. Jansson) .....	27
Figur 16: Till vänster: Val av vad som granskas i Model checker suite. Till höger: Lista på delar som saknar ritningar. (N. Jansson) .....	28
Figur 17: Exempel på hur man kan bygga upp en sida på Confluence (N. Jansson) .....	29
Figur 18: Uppgiftens sida i Jira. (N. Jansson) .....	30
Figur 19: Kommentarsfältet för uppgiften i Jira. (N. Jansson).....	30
Tabell 1: Ett exempel på hur ett dokument med numreringsanvisningar kan se ut. (Sweco Confluence) .....	5
Tabell 2: En materiallista som till exempel kan underlätta arbetet i verkstäderna. (N.Jansson) .....	6
Tabell 3: Fastställning av konsekvensklass. (Eurokoodi – Rakenteiden suunnitteluperusteet).....	11
Tabell 4: Planeringens övervakningsklasser. (Eurokoodi – Rakenteiden suunnitteluperusteet).....	12
Tabell 5: Kontrolleringsklasserna vid förverkligande (Eurokoodi – Rakenteiden suunnitteluperusteet).....	12
Tabell 6: De tre olika parternas granskningsuppgifter. (YTV 2012, Osa 6 Laadunvarmistus) .....	15
Tabell 7: Exempel på hur en lista avsedd för granskning kan se ut. (N. Jansson) .....	20

## **Förteckning över bilagor**

Bilaga 1: Checklista för granskning av ritningar - Monteringsritning

Bilaga 2: Checklista för granskning av ritningar - Verkstadsritning

**TARKASTUSLISTA: Asennuspiirustus, teräsrakenteet**

TYÖN NIMI JA NUMERO: .....

TARKASTETTAVA ASIAKIRJA: .....

SUUNNITTELIJA / PVM: .....

TARKASTAJA / PVM: .....

Suunnittelija

Tarkastaja

Ei kuulu tehtävään

**Piirustuksen yleisilme**

Huom.

Piirustuksen yleistiedot, status ja sijaintikaavio.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
Piirustuksen koko optimoitu.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
Piirustus selkeä ja luettavissa, tekstikoko väh. 2,5mm tai yli.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
Turhien ja ylimääräisten asioiden näyttämistä vältetään.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
Kokoonpanoluettelo on ajan tasalla.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....

**Yleistiedot ja tekstit**

Viittaukset standardeihin, suunnitteluohjeisiin ja RT-kortteihin ovat ajan tasalla...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
Rakennuksen käyttöikä, pintakäsittely, palo- ja ympäristöluokka.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
Liittyvät piirustukset.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
Materiaalit.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
Pulttien lujuusluokat.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....

**Kuva-alue**

Moduulilinjat ja -tunnukset sekä rakenteiden mitoitus niiden suhteen.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
Korkomerkinnät ja rakenteiden muut mahdolliset mitat.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
Hitsityypit ja hitsien koot.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
Pulttien määrät ja koot.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
Kokoonpanojen tunnukset.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
Leikkauksia ja detaljeja selvyiden vaatima määrä.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....


**TARKASTUSLISTA: Konepajakuva, teräsrakenteet**
**TYÖN NIMI JA NUMERO:**
**TARKASTETTAVA ASIAKIRJA:**
**SUUNNITTELIJA / PVM:**
**TARKASTAJA / PVM:**

Suunnittelija  
Tarkastaja  
Ei kuulu tehtävään

**Piirustuksen yleisilme**
**Huom.**

Piirustuksen yleistiedot ja status.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Piirustuksen koko optimoitu.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Piirustus selkeä ja luettavissa, tekstikoko väh. 2,5mm tai yli.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Piirustuksen mittakaava on sopiva.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Turhien ja ylimääräisten asioiden näyttämistä vältetään.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Kokoonpano- tai osaluettelo on ajan tasalla.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

**Valmistuksessa noudatettavat tekniset vaatimukset**

Viittaukset standardeihin ovat ajan tasalla.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Toteutusluokka.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Teräksien pintakäsittely ja värisävy.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Perushitsien tyyppi ja koko.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Materiaalit.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Hitsattujen profiilien hitsit.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

**Kuva-alue**

Kokoonpanon tai osan päämitat.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Kiinnittävien osien sijainnit näytetään.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Pulttien ja reikien määrät ja koot.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Hitsien tyypit ja koot.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Reikien ja hitsien sijainnit näytetään.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Osien tunnuksat.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Kääntöjä, leikkauksia ja detaljeja selvyuden vaatima määrä.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____